

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI
TOIMETISED

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS

429

ТРУДЫ
ПО ПСИХОЛОГИИ
VI

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
ACTA ET COMMENTATIONES UNIVERSITATIS TARTUENSIS
ALUSTATUD 1893.a. VIINIK 429 ВЫПУСК ОСНОВАНЫ В 1893.g.

ТРУДЫ ПО ПСИХОЛОГИИ

VI

Проблемы психической деятельности

ТАРТУ 1977

Redaktsioonikollegium:

J. Allik, M. Kotik, A. Lunge, K. Toim

Vastutav toimetaja: T. Laak

Редакционная коллегия:

Ю. Аллик, М. Котик, А. Лунге, К. Тойм.

Ответственный редактор: Т. Лаак

ЗАВИСИМОСТЬ ГРАНИЦ ПОЛЯ ЗРЕНИЯ ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ГЛАЗ В ОРБИТЕ

А.Луук, А.Лившиц

В связи с проблемой стабильности видимого мира Hillebrand (1920) под влиянием теории Hering (1879) предложил гипотезу, согласно которой с перемещением "центрального" внимания смещаются и границы поля зрения в соответствии с амплитудой и направлением будущей саккады. Таким образом, он предположил, что уже перед движением глаза на одной стороне поля зрения "места отпадают, а на другой прибавляются". Gibson (1963) напротив, допускал, что при поворотах глаз относительно неподвижной головы оптический узор не трансформируется, а только смещается по сетчатке. Исходя из его взглядов, можно предположить, что при поворотах глаз относительно головы границы поля не меняются, т.е. в одном участке поля зрения объекты не должны исчезать, а в другом появляться новые объекты, неуиденные во время предыдущей фиксации. Поскольку в имеющейся литературе по периметрии (Aulhorn, Hartig, 1972; Миткох, Носкова, 1975) нет ответа на такую постановку вопроса, нами, для исследования зависимости границ поля зрения по горизонтальному меридиану от угла поворота глаз относительно головы, проведен нижеописываемый эксперимент.

М е т о д и к а

Опыт проводился в двух сериях на стандартном периметре. В качестве движущегося объекта использовался черный квадрат с размерами 5 x 5 мм на сером фоне дуги периметра. В первой серии испытуемый, постоянно фиксируя взгляд на центральной фиксации точке (0^0), должен был определить момент появления (исчезновения) тестового сигнала в поле зрения. Таким образом протестировали горизонтальные, левую и правую границы поля зрения. Тестирование проводилось в условиях бинокулярного и монокулярного наблюдений обоими глазами. Для определения границы при каждом условии проделали 10 измерений: 5

при движений тест-объекта в поле зрения, 5 при выходе его из поля. При каждом условии протестировали углы поворота глаз относительно головы, от 0 до 40° в обоих направлениях с шагом 5°. Это достигалось изменением положения головы и подборщика относительно корпуса периметра в указанных пределах как налево, так и направо. Все эти измерения проводились при фиксации глазами центральной фиксационной точки на дуге периметра. Иначе говоря, в первой серии мы изменяли угол поворота головы относительно неподвижного положения глаз.

Вторая серия проводилась только в условиях бинокулярного наблюдения. В этом случае использовалась подвижная фиксационная точка, которую перемещали с шагом 2,5° налево и направо от нулевой точки до 15°. Условия тестирования оставались прежними, но теперь положение головы было зафиксировано "прямо" относительно центральной точки фиксации на периметре. В данной серии при неподвижном положении головы меняли угол поворота глаз относительно головы.

В опыте участвовали три студента отделения психологии ТГУ с нормальным зрением в возрасте от 18 до 19 лет. Первая серия проводилась со всеми испытуемыми, во второй участвовали только исп. Р.В. и К.М.

Результаты

В первой серии было проведено 3240 отдельных измерений, во второй - 560. Результаты первой серии для исп. Р.В. представлены на рис. 1, второй серии для обоих испытуемых - на рис. 2. На обоих рисунках изображены средние значения границ с доверительным интервалом 0,95 ($\bar{x} \pm 1,96$). Для каждого условия углы поворота от 0 до 40° обозначены сверху вниз (верхняя черточка - среднее значение данной границы при угле поворота 0°, нижняя - то же при угле поворота на 40°). Результаты всех испытуемых хорошо согласуются между собой. В первой серии при поворотах головы левее остается без изменений для всех углов поворота. При поворотах головы правее, то же самое наблюдается для правой границы, независимо от условий фиксации: монокулярной или бинокулярной. Для поворотов головы левее

относительно точки фиксации правая граница поля зрения для бинокулярной и монокулярной фиксации правым глазом при сравнительно небольших (до $15-20^{\circ}$) углах поворота не изменяется статистически значимо. Для больших углов имеется статистически значимая тенденция к сужению поля зрения с правой стороны. В случае фиксации левым глазом эта тенденция более заметна и начинается уже с малых углов поворота. Такие же явления сужения поля зрения с левой стороны возникают при соответствующих углах поворота головы правее точки фиксации.

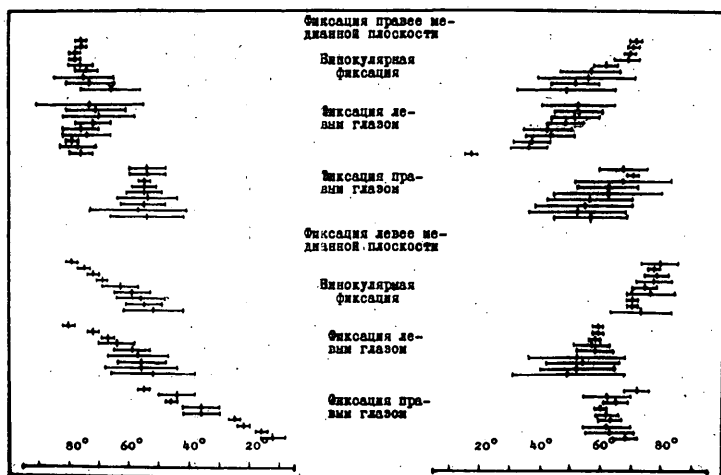


Рис. I. Зависимость левой и правой границ поля зрения по горизонтальному меридиану от угла поворота головы в горизонтальной плоскости относительно фиксированного положения глаз у исп. Р.В. в первой серии. Точкой изображено среднее значение границы, горизонтальной черточкой — размах распределения ($p = 0,95$). В каждой группе данных сверху вниз изображены результаты для углов поворота от 0 до 40° соответственно с шагом 5° .

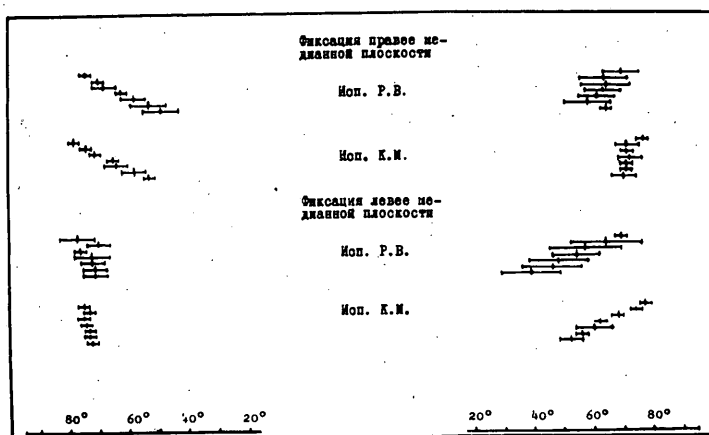


Рис. 2. Зависимость левой и правой границ поля зрения по горизонтальному меридиану от угла поворота глаз в горизонтальной плоскости относительно фиксированного положения головы во второй серии в условиях бинокулярной фиксации для обоих испытуемых. Обозначения те же, что на рис. 1, за исключением углов поворота, которые меняются от 0 до 150 с шагом 2,50.

В обеих сериях четко выявлена тенденция сужения поля зрения со стороны, противоположной направлению поворота глаз касательно медианной плоскости головы. Так при поворотах глаз правее этой воображаемой плоскости сужение наблюдается с левой стороны, а при поворотах глаз левее — с правой. В направлении поворота глаз по отношению к медианной плоскости головы граница поля зрения остается без статистически значимых изменений.

Обсуждение

Отсутствие расширения поля зрения в направлении поворота головы в первой серии показывает, что измеряемая на этой стороне граница поля зрения определяется не близлежащими участками лица, а плоскостью зрачка. При малых углах поворота (до 15 или 20°) головы то же верно для противоположной границы поля зрения. При больших углах поворота на стороне поля зрения, противоположной повороту головы относительно фиксированного положения глаз происходит сужение, обусловленное близлежащими участками лица. При монокулярной фиксации (левым глазом в случае поворотов головы налево и правым глазом при поворотах направо) ярко выраженное сужение обусловлено носом.

На основании результатов первой серии можно сделать следующие выводы: (1) при небольших углах поворота головы, относительно фиксированного положения глаз, границы поля зрения статистически значимо не меняются и в самом поле зрения не могут появиться новые объекты, которые оставались за пределами поля зрения при фиксации взгляда на медианной плоскости головы; (2) при больших углах поворота отсутствует также расширение поля зрения, а вместо этого наблюдается сужение его со стороны, противоположной направлению поворота головы относительно фиксированного положения глаз; (3) границы горизонтального меридиана поля зрения при центральной фиксации определяются не столько близлежащими участками лица, сколько плоскостью зрачка.

Вторая серия была проведена в целях более тонкого тестирования и в отличие от первой проводилась в течение одного дня, что существенно уменьшило влияние неконтролируемых переменных на результаты. Наблюдаемое сужение со стороны, противоположной направлению поворота глаз относительно головы в условиях бинокулярной фиксации не может быть ничем иным, как только результатом поворота плоскости зрачка. Отсутствие статистически значимых изменений в направлении поворота доказывает, что все же ожидаемому расширению поля зрения при увеличении углов поворота будут препятствовать близлежащие участки лица.

Следовательно, результаты обеих серий позволяют сформулировать следующий вывод: ширина поля зрения по горизонтальному меридиану максимальна в случае фиксации взгляда на ме-

дианной плоскости головы. Изменение угла поворота глаз относительно головы приводит не к расширению поля зрения, а к сужению его со стороны, противоположной повороту. Это сужение обусловлено поворотом плоскости зрачка. Изменение угла поворота головы относительно фиксированного положения глаз также приводит не к расширению поля зрения, а к сужению его со стороны, обратной повороту. На этот раз сужение обусловлено близлежащими участками лица. Естественно, что при переходе от латеральной фиксации к центральной, происходит восстановление максимально возможных границ поля зрения в направлении движений глаз. Но этот эффект нельзя считать расширением поля зрения в истинном смысле этого слова. Предполагаемый ход изменений границ поля зрения по горизонтальному меридиану в зависимости от движений глаз в горизонтальной плоскости схематически изображен на рис. 3.

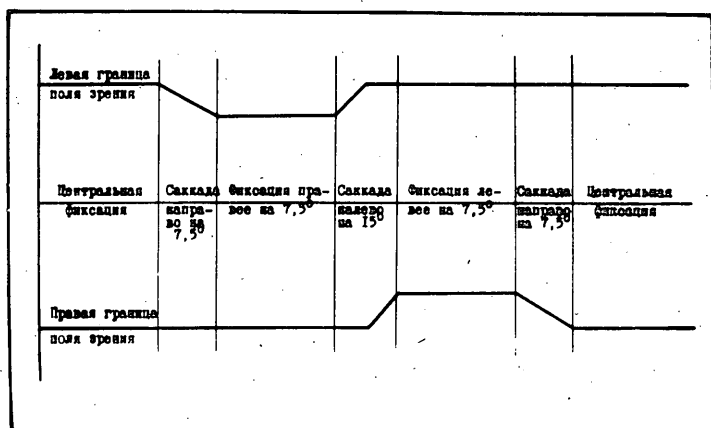


Рис. 3. Схематическое изображение изменений в границах поля зрения по горизонтальному меридиану при смене точек фиксации в горизонтальной плоскости.

Можно сказать, что проведенный эксперимент подтвердил точку зрения Gibson (1963) со следующей оговоркой: в случае саккадических движений глаз, весь оптический узор смещается по сетчатке и в поле зрения не появляются объекты, оставав-

шиеся за его пределами во время предыдущей фиксации взгляда на медианной плоскости. Но в результате движений глаз от медианной плоскости на крайней периферии поля зрения, на стороне, противоположной выполненной саккаде, объекты, которые были в поле зрения при фиксации взгляда в медианной плоскости головы, выходят за границы суженного поля зрения. Тем не менее ясно, что такое незначительное изменение содержания поля зрения, вследствие саккады, не может являться доказательством нестабильности воспринимаемого мира.

Л и т е р а т у р а

- Миткох Д.И., Носкова А.Д. Методы и приборы для исследования поля зрения. М., "Медицина", 1975.
- Aulhorn, E., Harms, H. Visual perimetry. In: Handbook of Sensory Physiology, Vol. VII/4 (Ed. by D. Jameson, L.M. Hurvich), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1972, 102-145.
- Gibson, J.J. The useful dimensions of sensitivity. American Psychologist, 1963, 18, 1-15.
- Hering, E. Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges. In: Handbuch der Physiologie III (Teil I), 1879.
- Hillebrand, F. Цит. по: Kaila, E. Die Lokalisation der Objekte bei Blickbewegungen. Psychologische Forschung, 1923, 3, 60-72.

THE DEPENDENCE OF THE EXTENSION OF THE VISUAL FIELD
FROM POSITION OF THE EYES IN THE ORBIT

A. Luuk, A. Lifshits

S u m m a r y

Boundaries of the visual field in the horizontal plane were measured with the help of a standard perimeter in the present experiment. A black square (5 x 5mm) on a gray background served as a stimulus. Measurements were made in different fixation points of the gaze by steps 5° to the left or to the right from the central fixation position up to 40° in the first series; and by steps $2,5^{\circ}$ up to the 15° in the second series. Results of the both series showed, that the visual field does not extend significantly in the direction of the change of the position of fixation. Instead, it is narrowing from the opposite side of the visual field. It may be concluded from this result, that the maximum width of the visual field in the horizontal plane is acquired during central fixation. Deflections from the central fixation cause the narrowing of the visual field in the side, opposite to the direction of the fixation point from the central fixation point as a function of the angle between these fixation points.

СОВРЕМЕННАЯ ПСИХОФИЗИКА, ФЕНОМЕНОЛОГИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ПЕРЕРАБОТКА ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Т.Бахман

1. В в е д е н и е

Широко известно, что значительную часть психологических исследований составляют работы по зрительному восприятию. Оставляя в стороне психофизиологию, можно сказать, что основными экспериментальными методами исследования перцептивной деятельности являются психофизические, микроструктурные (*information-processing*) и феноменологические методы. В "Хрестоматии по ощущению и восприятию" (1975) психофизика определяется как исследование взаимоотношений между свойствами сенсорного опыта и характеристиками физических стимулов, его составляющих. Классическими методами психофизики являются различные экспериментальные приемы для определения порогов обнаружения и построения психологических шкал, как например, методы установок, парных сравнений, лимит, метод констант и разные процедуры шкалирования (Уилкенинг, 1973). Но если до недавнего времени основным предметом изучения психофизики были наиболее элементарные физические свойства (яркость гомогенного поля, длительность гомогенных вспышек, скорость движения и др.) и соответствующие им абсолютные и дифференциальные пороги восприятия, то в современных исследованиях основной акцент изменился. Главные категории стимуляции, систематически исследуемые в многочисленных лабораториях во всем мире, - это пространственная частота, ориентация, контраст, временная частотная модуляция, величина стимула, скорость и направление движения текстуры и разнообразные комбинации перечисленных и многих других признаков окружающей среды. С помощью различных послеэффектов (например, селективное повышение порогов и понижение контрастной чувстви-

тельности для определенных ориентаций решеток с критической пространственной частотой), методов метаконтраста, обратной маскировки паттерном, подпорогового накопления и др. показано, что в сенсорных системах существуют специфические узконастроенные детекторы, анализирующие только соответствующие им триггерные признаки среды. Более подробно данная область описана в работах Аллик (1974), Энстис (1975). Здесь укажем лишь на то, что основные понятия этой, психофизической в узком смысле, парадигмы следующие - зрительный канал, порог, триггерный признак, детектор, пространственная (временная) модуляция, контраст, передаточная функция модуляции, критическая частота (пространственная, мельканий), фазность пространственного разложения контраста, рецептивное поле, фильтрация и др. Итак, эта группа исследований, далее называемая группой А, изучает взаимосвязь физических признаков и влияний среды с соответствующими им сенсорными впечатлениями. Исследователи группы А пытаются выявить универсальные закономерности процессов построения бесстрастного феноменального отражения окружающей среды, двигаясь от стимула к образу.

Существует и другая, все более возрастающая по численности группа исследований, берущая свое начало от работ Бродбента, Сперлинга, Хейбера, Зинченко и многих других (см. Колтхарт, 1972; Хейбер, 1974; Зинченко, 1972; Стрелков, 1972; Массаро, 1975). Эти работы, обычно называемые исследованиями переработки информации или микроструктурными исследованиями, мы будем называть исследованиями группы Б. Для более детальной характеристики данного направления см. вышеприведенные работы. Основные экспериментальные методики, понятийные системы, исследуемые параметры стимуляции и теории группы Б во многом отличаются от методик группы А. С помощью методов частичного отчета, поиска сигнала в шуме, сравнения идентичности, полного воспроизведения, маскировки символом и паттерном, стабилизации изображения относительно сетчатки и др. делаются попытки изучить операции интерпретации и использования информации бесстрастного физического образа. Предметом изучения здесь является иерархическая система преобразования и кодирования информации, включающая в себя разные функциональные блоки семантической обработки, мнемических функций, внутренних

викарных перцептивных действий, принятия решения и др., функционирующие параллельно или последовательно.

Исследования типа Б как бы движутся от задания наблюдателя вниз к феноменальному образу. Если в работах группы А была сделана попытка познать универсальные, сенсорные, так сказать, минимально-деятельностные закономерности, начальный алфавит восприятия, то группа Б исследует уже влияние внимания, навыков на восприятие и другие аналогичные проблемы, вводящие разные факторы селективности и значимости в однозначную физику образа. Более того, стимулы чаще всего имеют уже семантическое содержание (буквы, слова, отрывки текста, двусмысленные картины и т.д.). Необходимо отметить, что обе группы основываются на экспериментах, дающих факты, базирующиеся на статистике узких категорий ответов испытуемых, максимально исключая влияние субъективного фактора. Феноменология образа существует здесь постольку, поскольку это необходимо. Хотя, в принципе, существуют (бывшие когда-то основными) исследования, суть которых заключается именно в описании субъективного образа восприятия. Условно будем эту третью группу называть группой В. Она является как бы отправной точкой развития как для группы А, так и для группы Б, а сознательный, субъективный образ, свободный от семантики, является соответственно "местом встречи" двух разных направлений. И естественно то, что исследователи обеих групп делают теоретические выводы о сущности и закономерностях зрительного восприятия, часто забывая, что фактологическая основа у них совершенно разная, а некоторые выводы противоречат друг другу.

Далее попытаемся охарактеризовать вклад исследований разных групп в понимание работы зрительной перцептивной системы.

2. Исходная модель восприятия

Итак, мы имеем окружающую физическую среду с множеством различных стимулов и сознательное субъективное отражение этой среды в виде осмысленного перцептивного образа, который возникает в результате работы определенной системы каналов и функциональных блоков центральной нервной системы. Таким образом, мы получаем двучленную модель "стимул-образ".

3. Модификация модели на основе данных группы А

На основе многочисленных фактов (см. Аллик, 1974; Энстис, 1975; Глезер, 1975; Супин, 1974; Брейтмейер и Ганц, 1976; Вейстейн, Цок и Озог, 1975; Ганц, 1975) расчленим систему сенсорных каналов начальной модели на компоненты: специфические каналы для анализа отдельных пространственных частот, ориентаций, величин, локализаций, направления движения, прямого края, диспаратности и других признаков. Эти каналы имеют определенную латенцию включения и определенное время сохранения активности (мнемическую функцию) после выключения соответствующей стимуляции. Показано, что более быстрые каналы, называемые фазической системой, анализируют в основном низкие пространственные частоты. Они распределены и для анализа периферической части поля зрения, реагируют на движение и выключаются быстро. На эффективную работу этих каналов мало влияет дефокусирование изображения, очень короткая стимуляция, периферическое предъявление раздражителя. С другой стороны, имеется система более "мелкого" анализа, так называемая, тоническая система, реагирующая на высокие пространственные частоты, края, фовеальную стимуляцию с центра поля зрения. Эта система более медленная и более длительно работающая. Если проследить за контрастной чувствительностью системы сенсорных каналов анализа пространственных частот, то увидим, что наиболее низкие пороги у частот среднего значения (примерно 2-10 цикл./град.), а более "крупное" и "мелкое" разложение перепадов контраста в пространстве детектируется менее чувствительными к контрасту каналами.

Между зрительными сенсорными каналами имеются разные взаимоотношения (см. Аллик, 1975). Но существуют и специфические детекторы более высокого порядка, анализирующие только некоторые сложные признаки, состоящие из интегрированных элементарных признаков (например, каналы анализа стимулов определенной ориентации и направления движения). Значительная часть каналов локально-специфична. Например, если вследствие селективной адаптации утомляются каналы, обрабатывающие решетку с наклоном в 45° и с частотой 6 цикл./град. справа от точки фиксации, то последующее билатеральное предъявление пары равно ориентированных решеток даст послеэффект

наклона только для адаптированной локации справа.

Исследования группы А выявили также, что если световой стимул предъявляется на времени ниже 100 мсек, то одинаковый зрительный эффект (видимую яркость и длительность) мы получаем как при увеличении яркости, так и при увеличении времени экспозиции. Это соотношение, интенсивность \times время = константная величина, называется законом Блоха (Bloch). Известен также следующий временной эффект - эффект Брока-Сулцера (Broca - Sulzer), заключающийся в том, что при вспышках относительно высокой интенсивности более короткая вспышка кажется более яркой, чем вспышка с той же интенсивностью, но более длительная. Ближе к этому явлению стоят и наблюдения, отмечающие, что после последовательного предъявления двух равноценных вспышек максимальное подавление видимой яркости первого стимула последующим вторым происходит не при самых коротких интервалах, а при некоторых средних величинах разницы времени включения вспышек, т.е. элементарные зрительные впечатления, подвергаются влияниям, следующим во времени, и выраженность этого влияния может иметь немонотонную зависимость от времени.

Можно указать на большое количество данных (одновременный контраст, метаконтраст и др.), демонстрирующих латеральное торможение. Пространственно-соседние каналы имеют друг на друга тормозное влияние, но латеральная оппонентность свойственна не только пространственным признакам, а и многим другим (ориентация, частота и др.). Эти тормозные влияния обладают широким временным диапазоном - от simultанности и десятков миллисекунд до нескольких минут.

Аналогично различиям каналов в частотной чувствительности имеется и дифференциальная чувствительность ориентации: вертикальные и горизонтальные стимулы более удобны для анализа.

Необходимо отметить, что эта система каналов или детекторов не является стопроцентно ригидной. Если любую категорию признаков стимуляции можно представить как недискретный ряд отдельных стимулов, то каждый детектор реагирует не только на один единственный оптимальный стимул, но и на "соседние". А так как эти ответы имеют статистический характер, то выявляется и статистический оптимум стимуляции для каждого канала. По-видимому, это имеет большое значение как с точки зрения постоянной тренировки подсистем, так и с точки зрения

функций генерализации при обучении системы. Думается, что целесообразно оставить в стороне спор о том, что является основой формирования образа – высокоуровневые гностические единицы (сверхсложные детекторы) или же голографическая работа ведения сенсорными каналами аналога частотного Фурье-анализа корковой нейронной ткани, а также споры о реальности проведения сенсорными каналами аналога частотного Фурье-анализа изображения. Наш промежуточный результат – это дополнение нашей начальной схемы системой специализированных сенсорных зрительных каналов, имеющих свои временные характеристики и каким-то образом дающих основу для построения субъективного образа окружающей среды (см. рис. 1; t_1 – время обработки быстрых фазических каналов, t_2 – время работы тонической системы).

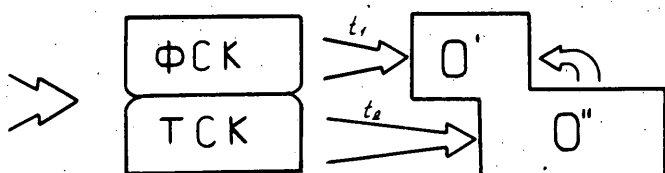


Рис. 1 *ФСК - фазические сенсорные каналы
ТСК - тонические сенсорные каналы
 t_1, t_2 - время формирования
 O', O'' - образ*

4. Дополнение модели на основе данных группы В

В очень популярных в свое время и до некоторой степени незаслуженно забытых исследованиях микрогенеза (или актуал-генеза) зрительного восприятия было выявлено, что процесс становления ясного субъективного образа длится определенное время и имеет несколько качественно различных фаз (см. Зусне, 1970; Бернон, 1937; Флейвелл и Драгунс, 1957; Смит, 1957).

Причем, несмотря на некоторые частные различия, разные исследователи получили в основном сходную картину генеза образа. Что примечательно, одинаковые фазы выявляются при разных экспериментальных процедурах: увеличение времени экспозиции, постепенное перемещение фигуры из периферии в центр поля зрения, увеличение контраста (яркости), приближение объекта к наблюдателю (увеличение угловых размеров), уменьшение скорости движения. Ломов (1966) перечисляет фазы становления образа следующим образом: (1) грубое различие общих пропорций, положения; (2) "мерцание" формы - это фаза, где видится, например, то круг, то треугольник, а также другие альтернативные возможности; (3) грубое различие основных деталей, резких перепадов контура; (4) глобально адекватное восприятие, без отражения мелких деталей; (5) оптимальное восприятие, где появляется дифференцированный, стабильный образ. Ломов считает, что "описанная фазность является некоторой общей закономерностью зрительного восприятия..." (1966, стр. 229). И что удивительно - данная последовательность точно согласуется со специальными свойствами фазической и тонической систем исследований группы А. Действительно, более быстро обрабатывается низкочастотная общая информация, местоположение объекта (более того, критерий периферичности тоже соответствует работе фазической системы). Лишь затем анализируются более мелкие детали, что как раз и является функцией тонической системы. Разница состоит в том, что микрогенетические процессы имеют недискретный, плавный характер перехода между фазами, и все более увеличивающимся пространственным частотам "мелкости" объектов соответствует постоянно увеличивающееся время обработки. Это наводит на мысль, что мы имеем дело не с двумя разными системами, а напротив, с одной общей системой каналов, плавно изменяющих свое "поведение" в зависимости от пространственно-временного характера стимуляции. Отсюда следует, что тоническая и фазическая системы - это, вероятно, лишь метафоры для обозначения полярных концов континуума каналов анализа пространственного разложения яркостей. Другое дело, если при очень маленьких частотах, когда паттерн можно разложить как бы на отдельные грубые объекты (например, "BARS"), вступают в работу качественно отличающиеся механизмы анализа локализации, имеющие наименьшую латенцию, которые и принимаются за каналы пространственной частоты.

Любопытная мысль возникает, если обратить внимание на т.н. фазу "мерцания" формы. По-видимому, здесь мы имеем дело со случаем, когда актуальной стимуляции недостаточно для инвариантного выбора комплекта каналов, анализирующих инвариантную форму дополнительно к определению местоположения в общих пропорций. Данная вариантность наводит на мысль, что и при нормальном восприятии (где исходных данных больше) существует фаза, где передается "общий сигнал всем, кто в этом заинтересован" в виде активации многих ассоциированных анализаторных каналов, после чего, на следующей фазе становления перцепта, избыточные каналы затормаживаются каналами, отвечающими за анализ актуальной формы, т.к. последние экстрагировали статистически значимо больше релевантной информации. Косвенно сходятся с вышеприведенной гипотезой и данные о том, что нормальное состояние бодрствующего мозга — это селективная активность на фоне общего торможения. Если в темноте достаточно нескольких фотонов для того, чтобы вызывать сознательное впечатление, то почему нормальное, интенсивное раздражение не может вызвать массового экстенсивного ответа? Преимуществом данного принципа можно считать постоянное "освещение" хранящейся в долговременной памяти информации, т.е. реактивацию.

Если исследования микрогенеза выросли под руководством Крюгера и Сандера из гештальтпсихологии, то классический гештальтизм помогает нам модифицировать нашу модель с другой стороны. Школьными истинами являются закономерности выделения фигуры из фона. В образе представлены не только гомогенно-разбросанные отдельные физические признаки. Они группируются на основе определенных законов, на основе близости, сходства величин, ориентации, яркости и т.д. Это требует дополнения нашей схемы определенным звеном, находящимся между уровнем сенсорных каналов и субъективным образом, и выполняющим функцию синтеза признаков в объекты, функцию перцептивной организации. Но рис. 2а убеждает нас в том, что не только физические гештальт-законы управляют организацией образа, но и обучение, опыт. Причем действительно мы видим полные буквы. Еще более заметен эффект субъективных контуров на рис. 2б. Мы видим большой светлый треугольник, даже его края, хотя физического аналогичного треугольника нет.

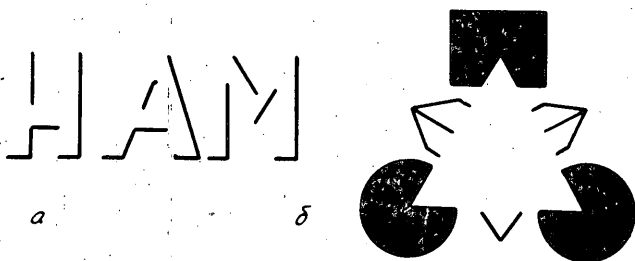


Рис. 2

Эти и многие другие аналогичные примеры (см. Грегори, 1972; Кеннеди, 1976; Каниза, 1976), а также опыты с двусмысленными картинками, убеждают нас в том, что закономерности построения образа невозможно познать лишь выявлением полного набора сенсорных каналов. Теперь наша модель восприятия выглядит так (см. рис. 3):

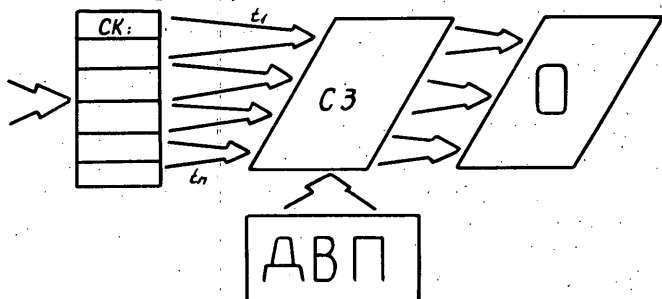


Рис. 3. СК - сенсорные каналы; $t_1 \dots t_n$ - время формирования; СЗ - синтез; О - образ ДВП - опыт, долговременная память

Необходимость разделения систем синтеза признаков на фигуры и уровня субъективного образа легко доказывается примерами "обратимых" и двусмысленных фигур. А "деформация" блоков по диагоналям должна отражать фазный характер анализа данных и построения образа, собственно микрогенез.

5. Модификация модели данными группы Б

На основе работ Брунера, Постмана, Миллера, Э.Гибсона и др. была доказана необходимость как-то расчленить общее понятие восприятия на два полюса — физический и кодированный. Существует много примеров, показывающих, что в зависимости от установки, навыка и других селективных факторов идентичный физический образ может быть воспринят по-разному. Более того, значение (семантическое, эмоциональное) может даже определять, что попадает вообще в субъективный образ, будь то кодированный образ или некодированный (см. Диксон, 1971; Эрдели, 1974). С другой стороны, имеются факты и наблюдения, показывающие реальность ситуаций, где "человек сначала не знает на что он смотрит", по меткому замечанию Хейбера. Сюда относятся прежде всего работы с псевдоскопическим и инвертоскопическим восприятиями (см. Столин, 1976; Логвиненко, 1976), нейропсихологические факты (см. Лурия, 1969, 1973), исследования маскировки (напр. Хейберг и Стэндинг, 1968). Вероятно, большинство людей имело возможность заметить, как иногда "глаза читают" текст, ничего не понимая, а мысли заняты совершенно другим. Аналогичное впечатление получают и испытуемые, когда, например, после короткого тахистоскопического предъявления слова следует предъявление зрительного шума. Если интервал между стимулами порядка 50 мсек., то обычно испытуемый говорит, что он видел ясно слово, но не успел его опознать. В случае увеличения интервала обратной маскировки, скажем, до 150 мсек испытуемый узнает слово. А Кроль и Таненгольц (1976) показали, что время между формированием физического образа и ответом составляет 200-400 мсек. Все вышесказанное требует от нас следующей модификации модели (см. рис. 4):

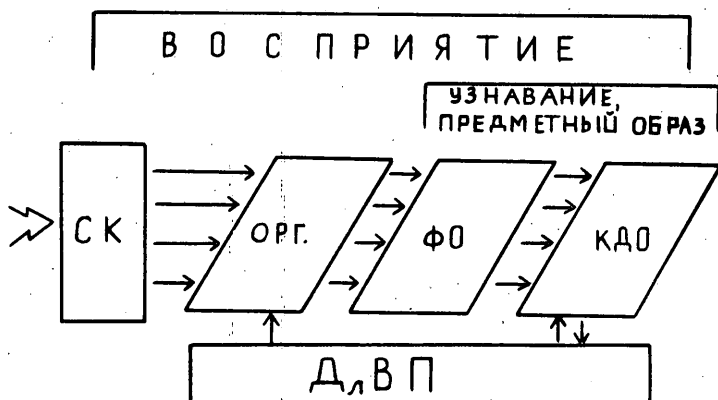


Рис. 4. СК-сенсорные каналы; ОРГ-организация и синтез; ФО-физический образ; КДО-кодированный образ; ДлВП-опыт, долговременная память, перцептивные навыки

Образ разделяется на физический (или по Нейссеру-иконический) и на кодированный. Целостным предметным восприятием будем называть единство функционирования (симультанно или координированно в быстрой последовательности, или же поочередное включение) обоих функциональных блоков. В некоторых случаях возможно абстрагироваться от "видимого мира" и овладеть проекционным видением "видимого поля" (см. Логвиненко, 1976). Леонтьев (1975) вводит понятие "чувственной ткани" восприятия для характеристики этого уровня.

В работах Сперлинга (1963, 1967), Хэркэм Найс (1975) и многих других показано, что процесс перевода символов с иконического уровня на кодовый (кодирование) производится последовательно. Это называется сканированием. Для символического материала это происходит аналогично навыку чтения слева направо. Но для того, чтобы наблюдатель смог воспринять

определенный объем информации, необходимо сохранить иконический след на некоторое время, и кодированные единицы также. Время сохранения иконы невелико: порядка 100 - 200 мсек. А время сохранения кодированных единиц значительно больше - до десятков секунд. В случае долгого повторения в вербальной кратковременной памяти информация может практически на неопределенное время оставаться в долговременной памяти. Если на основе работ Миллера и Сперлинга поначалу предполагалось, что характер кода - вербальный, то впоследствии было показано, что существует и зрительный код, имеющий тоже меньший объем, чем иконический уровень, большую длительность, схематичность, и не подвергается маскировке в отличие от иконы (см. Колтхарт, 1972; Филипс, 1974). Процессы кодирования, проводимые последовательно, связаны с работой фокального внимания, имеющего ограниченный объем. Зинченко и Вергилес (1969) доказали, что фокус внимания может двигаться по полю зрения не только путем наведения центральной фовеальной зоны на интересующий объект, но и викарно, т.е. и на стабилизированном образе и послеобразе. Но и в основе данного механизма функционального фовеа лежат активные движения глаз. Таким образом, фокальное внимание "вычитывает" информацию из иконы и сканирует ее в иконе, переводя в кратковременную память. На основе экспериментов с частичным воспроизведением и маскировкой показано, что в иконической памяти представлена информация о локализации, цвете, величине физической конфигурации, ориентации и др. физических свойствах (см. Дик, 1974; Колтхарт, 1972). Соответственно, выбирать информацию из иконического образа можно тоже по перечисленным физическим критериям. Существует и группа работ, доказывающих, что селективность свойственна уже процессам формирования иконы, организации материала для ее избирательного структурирования (Найсер, 1967, 1976; Эриксен и Коллинс, 1969; Солмэн, 1975, 1976). Эти процессы называют предвнимательными. Нами использовался также термин "ретуширование": посредством предвнимания как бы выфильтровывается материал для последующего фокального анализа. Во многих разных работах получается сходное временное значение - порядка 50 мсек - для характеристики времени предиконического анализа (Хофман, 1976; Солмэн, 1975, 1976; Бахман и Адлик, 1976; Эрвин и Хершенсон, 1974 и др.). Хотя Ганц (1975) не говорит о предвнимании, ее определение времени периферической сенсорной обработки равно при-

мерно 50 мсек, как и максимум маскировки у Тэрви (1973), Май-кльза и Тэрви (1973) и др. И что интересно, кроме физических свойств стимуляции (см., например, Гаммерман, 1975), факторами селективности предвнимания могут быть и такие категории, как цифры или буквы. Большое количество фактов говорит в пользу того, что семантическое содержание и контекст влияют на формирование субъективного образа, даже в его предварительной физической форме (см. Крюгер, 1975; Смит и Спэр, 1974; Эстес, 1975). Это означает, что более высокие операции влияют на более низкие уровни процессов построения образа посредством каких-то систем обратной связи. Веские доводы в пользу этой точки зрения можно найти в следующих работах: Гордеева, Назаров и Романюта (1972), Додвелл (1971), Харт (1976). Все вышесказанное результируется в очередной модификации модели (см. рис. 5).

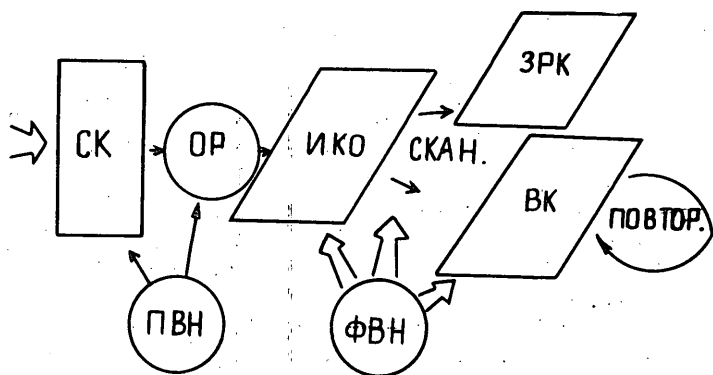


Рис. 5. СК- сенсорные каналы; ОР- синтез, организация; ИКО- иконический образ; СКАН- сканирование; ЗРК- зрительный код; ВК- вербальный код; ФВН- фокальное внимание; ПВН- предвнимание

6. Характеристика некоторых исследований группы А - Б

Как указывает заглавие, существуют некоторые работы, внутри которых интегрированы, в большей или меньшей мере, методы групп А, Б (или В). Посмотрим, какие уточнения они внесут в нашу модель или же какие противоречия удалось разрешить благодаря им.

А.Луук (1976) показал, используя комплексно методы Б и В, что саккадическое подавление можно объяснить, игнорируя гипотезу опережающих эфферентных регуляций, на основе зрительной обратной маскировки. Т.Бахман (1977, в печати), комбинируя методику селективной адаптации (А) и поиска сигнала (Б) сделал вывод, что внимание влияет селективно уже на ранние сенсорные уровни построения образа. Ганц (1975) построил двухфакторную теорию обратной маскировки на основе понятия ответа единицы импульса (А) и времени кодирования (Б). Брейтмейер и Ганц (1976) объясняют обратную маскировку как явление, обусловленное разными факторами. Если тест и маскер анализируются тонической системой (А), то маскировка монотонная. Если маскировка U - образная, то это означает, что более быстрый фазический ответ (А) на маскер подавляет ранее начавшийся анализ тест-стимула тонической системы (А) и вследствие этого прерывает иконический уровень (Б) анализа теста. Солмэн (1975, 1976) выполнил эксперимент поиска цели среди нерелевантных единиц (Б) и дополнил заданием шкалирования уверенности в правильности ответа (А). Путем комбинированного анализа удалось выяснить, что ошибки в поиске происходят не из-за отсутствия сформированного иконического образа, а вследствие ошибочного предвнимательного выбора. Авант, Лаймэн и Энтес (1975) попросили испытуемых распознать буквенные стимулы (случайный набор, слово, буква) в условиях маскировки (Б) и показали, что субъективная оценка длительности (А) экспозиции даже на уровне случайного угадывания стимулов тем меньше, чем более знакомым является стимул. Авторы предполагают, что на уровнях, предшествующих распознаванию, стимулы контактируют с репрезентацией в долговременной памяти, и чем привычнее стимул, тем стремительнее это происходит. Однако следует признать, что в области интеграции исследований разных категорий сделано гораздо меньше, чем в действительности.

можно было бы сделать. Особенно это относится к интеграции методов групп А и Б. Среди проблем первостепенной важности, к решению которых можно приблизиться путем соединения методов А и Б (а также В), встречаются такие, как вопрос о степени и видах влияния процессов внимания на качество физического (иконического) образа, определение сфер ответственности уровней сенсорного анализа и операций интерпретации образа за явления зрительной маскировки, перечень необходимых уровней анализа в роли составных частей феноменального переживания и многие другие. В конечном счете было бы желательно преодолеть параллельное существование "двух психологий" восприятия и построить общую для всех исследователей перцепции понятийную систему и исходные теоретические модели.

7. Общие выводы и конечная модель

Какими же являются наиболее характерные признаки нашей модели? Во-первых, она иерархичная, имеет разные функциональные блоки и временную динамику их работы. Во-вторых, существуют облегчающие и тормозные связи как между каналами одного уровня, так и обратные связи. В-третьих, процессы и операции разных уровней не функционируют по принципу "выключение предыдущего - включение последующего", а перекрываются во времени. Этим объясняются явления влияния семантического контекста на построение иконического образа, перцептивная эмоциональная защита, и некоторые аспекты маскировки. В равной мере указывает на справедливость данного принципа и сопоставление наименьших времен латенции ответа высших отделов коры мозга (несколько десятков мсек) со временем микрогенеза образа (100-200 мсек). То есть, в то время, когда часть информации уже достигла высших отделов иерархии, еще продолжают процессы построения и анализа на более сенсорных "этажах". А последние работы, говорящие о двух разных типах иконического образа (Сэжит, 1976; Брейтмейер и Ганц, 1976), могут быть проинтерпретированы именно как доказательство принципа инерционности работы уровней. Если при передвижении взгляда в пространстве еще продолжают процессы сетчаточного уровня, то продолжающийся приток данных воспринимается с нового субъективного направления, несмотря на то, что основ-

ной иконический след сформировался быстро, безотносительно к последующему направлению взгляда. Эти предположения об одновременной и координированной работе разных уровней хорошо согласуются с аналогичными взглядами в современной литературе (Зинченко, 1971; Джафаров, 1976; Тэрви, 1973; Хофман, 1975; Хогбен и Ди Лолло, 1974), а также с требованиями кросс-коррелятивных и автокоррелятивных моделей восприятия формы (Додвелл, 1971; Аттл, 1975; Харт, 1976).

Четвертый принцип гласит, что и сознательное, субъективное отражение не локализовано в единственной точке иерархии преобразований информации, а имеет интегративную силу, соединяя в целое физические, семантические и феноменальные (например, градиенты ясности поля зрения или представления) аспекты. Фокальное внимание может быть обращено как на физическое поле, так и на принятие решения относительно перцептивно-мыслительной задачи или на кодирование ряда букв и т.д. Оно как бы сопровождает поток обработки и анализа между уровнями и является сознательным, инвариантным результатом подсознательного соревнования альтернативных возможностей интерпретации.

В пятых, модель требует единства мнемических (сохранение) и процессуальных функций (активное восприятие). Каждый уровень имеет функцию сохранения, без чего обработка во времени была бы немыслима. Не зря часто как сенсорная или иконическая, так и вербальная память является синонимом сенсорного уровня переработки, иконического уровня и т.д. Условно можно было бы ввести следующий критерий различения консервативных блоков памяти и активной обработки: функция сохранения без качественного преобразования свойственна мнемоблокам, а функция сохранения с переводом на все более последующие качественные уровни — механизмам перцептивной обработки. Соответственно до конца прибавления потенциально возможной информации мы говорим о собственно восприятии, а сохранение или убывание — это атрибуты памяти. Ясно, что границы процесса восприятия очень пластичны, как во временном, так и в информационном смысле.

Шестое правило, это принцип постепенного, градуального характера процессов формирования образа. Постепенного в приросте ясности от периферии до центра, в приросте ясности и четкости от первых временных отрезков до совершения становления, постепенного от AMBIENTного до фокального.

В седьмых - система имеет множество селективных механизмов, дополняющих или заменяющих друг друга при обеспечении соответствия субъективного образа целям и мотивам перцептивной (и всякой другой) деятельности, это - последовательное сканирование, селективная интерпретация путем определенного кодирования, функциональное фокусирование, избирательное сохранение в кратковременной памяти, спонтанная предвнимательная селекция (или фильтрация), предварительно настроенная фильтрация, ретуширование критических объектов в иконическом образе, целенаправленные движения глаз и др. Одни из них работают на параллельном этапе обработки, на этапе "вчитывания" данных в икону, другие являются последовательными операциями фокального внимания. Отсюда следует, что параллельность не должна означать неселективность, так как параллельно можно обрабатывать и с неодинаковой интенсивностью ("контрастностью"). С другой стороны, как мы видим исходя из данных группы А, параллельная сенсорная обработка не означает всегда одновременной обработки. Различные каналы могут реализовать свои процессы к разным моментам времени.

Таким образом, на рис. 6 мы видим окончательный вариант модели зрительного восприятия, учитывающий как данные групп А, Б, так и группы В. Рис. 7 отражает временные отношения между работой подсистем модели.

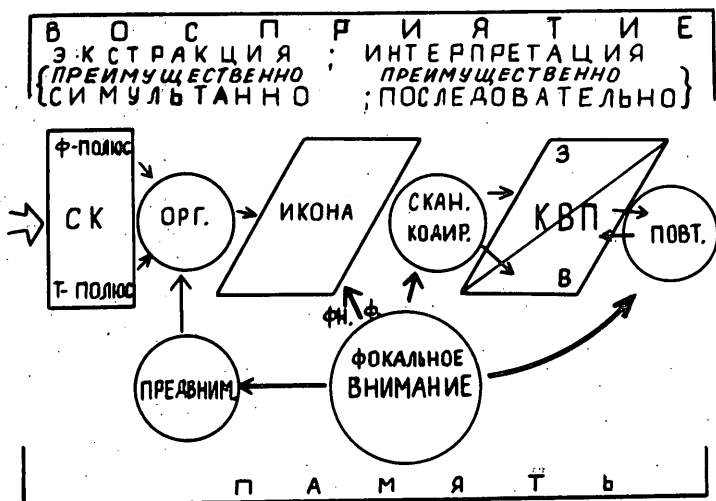


Рис. 6. СК-сенсорные каналы; Ф-физический; Т-тонический; ОРГ-организация, интеграция; КВП-кратковременная память (З-зрительная, В-вербальная); ПОВТ-повторение; ФНФ-функциональная фовеа

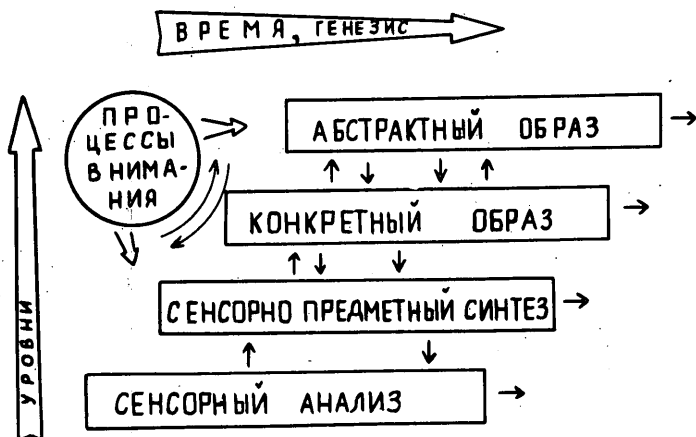


Рис. 7

Л и т е р а т у р а

- Аллик Ю.К. Существование и взаимодействие детекторов в зрительном восприятии человека. - Уч.зап. Тартуского гос.ун-та, вып. Труды по психологии, III, Тарту, 1974.
- Аллик Ю. Логические отношения между зрительными каналами. В сб.: Психика человека в единстве теории и практики. Тарту, ТГУ, 1975.
- Глезер В.Д. Зрительное опознание и его нейрофизиологические механизмы. Л., "Наука", 1975.
- Гордеева Н.Д., Назаров А.И., Романюта В.Т. Движение глаз и контроль следов сенсорной памяти. В сб.: Эргономика. Труды ВНИИТЭ, № 4, М., 1972.
- Джафаров Э.Н. О структуре процесса построения образа. В сб.: Психологические исследования 6. М., МГУ, 1976.
- Зинченко В.П. Продуктивное восприятие. - "Вопросы психологии", № 6, М., 1971.
- Зинченко В.П. О микроструктурном методе исследования познавательной деятельности. В сб.: Эргономика. Труды ВНИИТЭ, № 3, 1972.
- Зинченко В.П., Вергилес Н.Ю. Формирование зрительного образа. М., МГУ, 1969.
- Кроль В.М., Таненгольц Л.И. Пороговое время предъявления и время узнавания предметных изображений. В сб.: Переработка информации в зрительной системе. Л., 1976.
- Леонтьев А.Н. Деятельность, сознание, личность. М., 1975.
- Логвиненко А.Д. Порождение предметного образа. В сб.: Психологические исследования № 6. М., МГУ, 1976.
- Ломов Б.Ф. Человек и техника. - "Советское радио". М., 1966.
- Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. М., МГУ, 1969.
- Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. М., МГУ, 1973.
- Луук А.Г. Исследование восприятия сигналов, предъявляемых перед саккадическими движениями глаз. Автореф. канд.дисс. М., МГУ, 1976.
- Найсер У. Селективное чтение: метод исследования зрительного внимания. В сб.: Хрестоматия по вниманию. М., МГУ, 1976.

- Столин В.В. Проблема порождения образа. В сб.: Психологические исследования, № 6. М., МГУ, 1976.
- Стрелков Д.К. Микроструктурный анализ преобразований информации. В сб.: Эргономика. Труды ВНИИТЭ, вып. 3. М., 1972.
- Супин А.Я. Нейронные механизмы зрительного анализа. М., "Наука", 1974.
- Хрестоматия по ощущению и восприятию. М., МГУ, 1975.
- Anstis, S.M. What does visual perception tell us about visual coding?, in: M.S. Gazzaniga, C. Blakemore (eds.) Handbook of Psychobiology, New York: Academic Press, 1975.
- Avant, L.L., Lyman, P.J., Antes, J.R., Effects of stimulus familiarity on judged visual duration. Perception and Psychophysics, 1975, 17, 253-262.
- Bachmann, T., Visual search and selective adaptation. (in press, 1977)
- Bachmann, T., Allik, J., Integration and interruption in the masking of form by form, Perception, 1976, 5(1), 79-97.
- Breitmeyer, B.G., Ganz, L., Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression and information processing. Psychological Review, 1976, 83, 1-36.
- Coltheart, M., Visual information processing. in: New Horizons in Psychology, vol. 2, P.C. Dodwell (ed.), Baltimore: Penguin, 1972.
- Coltheart, M., Readings in Cognitive Psychology. Toronto: Holt, Rinehart and Winston, 1972.
- Dick, A.O., Iconic memory and its relation to perceptual processing and other memory mechanisms. Perception and Psychophysics, 1974, 16(3), 575-596.
- Dixon, N.F., Subliminal Perception: The Nature of a Controversy, London: McGraw-Hill, 1971.
- Dodwell, P.C., On the perceptual clarity. Psychological Review, 1971, 78, 275-289.

- Erdelyi, M.H., A new look at the New Look: Perceptual defense and vigilance. *Psychological Review*, 1974, 81, 1-25.
- Eriksen, C.W., Collins, J.F., Visual perceptual rate under two conditions of search. *Journal of Experimental Psychology*, 1969, 80, 489-492.
- Erwin, D.E., Hershenson, M., Functional characteristics of visual persistence predicted by a two-factor theory of backward masking. *Journal of Experimental Psychology*, 1974, 103(2), 249-254.
- Estes, W.K., The locus of inferential and perceptual processes in letter identification. *Journal of Experimental Psychology*, 1975, 104(2), 122-145.
- Flavell, J.H., Draguns, J., A microgenetic approach to perception and thought. *Psychological Bulletin*, 1957, 54(3), 197-217.
- Ganz, L., Temporal factors in visual perception. in: E.C. Carterette, M.P. Friedman (eds.) *Handbook of Perception*, vol. 5, New York: Academic Press, 1975.
- Goldberg, M.E., Wurtz, M.G., Activity of superior colliculus in behaving monkey. I-4. *Journal of Neurophysiology*, 1972, 35, 542-596.
- Gregory, R.L., Cognitive contours. *Nature*, 1972, 238, 51-52.
- Gumman, K., Successive processing of color and form from brief visual displays. *Perceptual and Motor Skills*, 1975, 40, 31-41.
- Haber, R.N., Information processing. in: E.C. Carterette, M.P. Friedman (eds.) *Handbook of Perception*, vol. 1, New York: Academic Press, 1974.
- Haber, R.N., Standing, L., Clarity and recognition of masked and degraded stimuli. *Psychonomic Science*, 1968, 13, 83-84.
- Harcum, E.R., Nice, D.S., Serial processing shown by mutual masking of icons. *Perceptual and Motor Skills*, 1975, 40, 399-408.
- Harth, E., Visual perception: A dynamic theory. *Biological Cybernetics*, 1976, 22, 169-186.

- Hoffman, J.E., Hierarchical stages in the processing of visual information. *Perception and Psychophysics*, 1975, 18, 348-354.
- Hogben, J.H., Di Lollo, V., Perceptual integration and perceptual segregation of brief visual stimuli. *Vision Research*, 1974, 14, 1059-1069.
- Kanizsa, G., Subjective contours. *Scientific American*, 1976 (April), 48-52.
- Kennedy, J.M., Attention, brightness, and the constructive eye. in: M.Henle (ed.) *Vision and Artifact*, New York: Springer, 1976.
- Krueger, L.E., Familiarity effects in visual information processing, *Psychological Bulletin*, 1975, 82, 949-974.
- Massaro, D.W., *Experimental Psychology and Information Processing*, Chicago: Rand McNally, 1975.
- Michaels, C.F., Turvey, M.T., Hemiretinae and nonmonotonic masking functions with overlapping stimuli. *Bulletin of Psychonomic Society*, 1973, 2, 163-164.
- Neisser, U., *Cognitive Psychology*, New York: Appleton-Century-Crofts, 1967.
- Phillips, W.A., On the distinction between sensory storage and short-term visual memory. *Perception and Psychophysics*, 1974, 16, 283-290.
- Sakitt, B., Iconic memory. *Psychological Review*, 1976, 83(4), 257-276.
- Smith, E.E., Spoehr, K.T., The perception of printed English: A theoretical review. in: B.H.Kantowitz (ed.) *Human Information Processing: Tutorials in Performance and Cognition*, Potomac: Lawrence Erlbaum, 1974.
- Smith, G., Visual perception: An event over time. *Psychological Review*, 1957, 64(5), 306-313.
- Solman, R.T., Relationship between selection accuracy and exposure in visual search. *Perception*, 1975, 4, 411-418.

- Solman, R.T., Influence of selection difficulty on the time required for icon formation. *Perception*, 1976, 5(2), 225-231.
- Sperling, G., A model for visual memory tasks. *Human Factors*, 1963, 5, 19-31
- Sperling, G., Successive approximations to a model for shortterm memory. *Acta Psychologica*, 1967, 27, 285-292.
- Turvey, M.T., On central and peripheral processes in vision. *Psychological Review*, 1973, 80, 1-52.
- Uttal, W.R., *An Autocorrelation Theory of Form Detection*, Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1975.
- Vernon, M.D., *Visual Perception*, London: Cambridge University Press, 1937.
- Weinstein, N., Ozog, G., Szec, R., A comparison and elaboration of two models of metacontrast. *Psychological Review*, 1975, 82(5), 325-343.
- Wilkening, H.E., *The Psychology Almanac*, Monterey: Brooks/Cole, 1973.
- Zusne, L., *Visual Perception of Form*, New York: Academic Press, 1970.

CONTEMPORARY PSYCHOPHYSICS, PHENOMENOLOGY OF
EXPERIMENT, AND VISUAL INFORMATION PROCESSING

T. Bachmann

S u m m a r y

The present article discusses interrelationships between research fields of psychophysical, phenomenological and information-processing aspects of visual perceptual activity. On the basis of the existing data on these three topics an information-processing model is proposed, which is based on seven general principles: Existence of levels hierarchy, facilitative and inhibitory influences between and within levels, simultaneous activity of different levels, multilevel integrative power of conscious experience, unity of mnemonic and processing functions, continuous nature of percept growth, and existence of multiple selective mechanisms.

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МЕТОДИКИ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ ЧЕЛОВЕКА

В.Лауритс, К.Кришюнас, А.Луук, Я.Хуйк, Ю.Аллик

Исследование и регистрация движений глаз приобретает возрастающую популярность среди экспериментаторов различных областей научного знания. Можно выделить три главных направления, по которым идет активная исследовательская работа. Для первого направления характерным объектом исследования являются виды движений глаз, их количественные и функциональные характеристики и скрывающиеся за ними физиологические механизмы управления этими движениями. Второе направление регистрацию движений глаз использует для исследования процессов приема и переработки зрительной информации и характеристики таких психологических процессов как мышление и внимание. Подобные исследования характерны для психологии и эргономики. Работы исследователей третьего направления нацелены на поиск возможностей применения глазодвигательной системы в целях управления различного рода объектами и процессами.

До сих пор не существует единой, универсальной и окончательно разработанной методики регистрации движений глаз. Имеющиеся методики измерения и регистрации движений глаз частично удовлетворяют требованиям экспериментальных исследований первого и второго направлений, но являются, как правило, непригодными для решения задач третьего направления. Дело в том, что метод регистрации движений глаз человека должен как можно меньше ограничивать его психофизиологические возможности. По мнению авторов, наиболее удобными для испытуемого, наряду с высокой точностью и чувствительностью измерения, являются индуктивные методы. Для удобства дальнейшего хранения и обработки информации о движениях глаз, любой современный метод должен обеспечивать электрический выходной сигнал, что при применении индуктивного метода осуществляется достаточно просто.

Впервые индукционную методику предложил Robinson (1963)

В нашей стране этот метод используется Вергилесом, (Зинченко, Вергилес, 1969) и Котлярским (Морняков, Котлярский, 1971; Аветисов, Котлярский, Смольянинова, Фролов, Глухарев, Бельский, 1976). Установка для измерения движений глаз состоит из приемной катушки индуктивности, прикрепленной к глазу с помощью контактной линзы или присоски (Ярбус, 1965), а также из горизонтальных и вертикальных пар излучающих катушек, создающих вокруг глазного яблока переменное магнитное поле. Ось приемной катушки совпадает со зрительной осью глаза, а магнитное поле ее ориентировано так, чтобы в исходном состоянии, когда глаз фиксирует неподвижно точку прямо перед наблюдателем, электродвижущая сила (эдс), наводимая от горизонтальных и вертикальных катушек, равнялась нулю. Когда глазное яблоко меняет угол фиксации, то в приемной катушке наводится эдс e_x и e_y , величина и фаза которых в статическом режиме связаны с углами поворота в вертикальной и горизонтальной плоскостях θ_x и θ_y . Недостатком такого преобразователя движений глаз человека является то, что в выходящих из контактной линзы проводах наводится эдс ошибки, а провода сами по себе создают неудобства для испытуемого. Поэтому применение такого преобразователя возможно только в лабораторных условиях.

Учитывая названные ограничения и прочие требования к современным методикам регистрации движений глаз, авторы задались целью развить электромагнитную методику регистрации движений глаз и создать устройство, позволяющее: (1) одновременно регистрировать микро- и макродвижения обоих глаз по их вертикальной и горизонтальной составляющим, (2) обеспечить минимальное закрытие поля зрения (особенно, с медиальной стороны любого глаза) регистрирующими приспособлениями, (3) иметь чувствительность регистрации порядка 1 угловой минуты и погрешность порядка ± 1 процент от регистрируемого диапазона.

Для достижения поставленных целей усилия прилагались в направлении (1) разработки новых преобразователей движений глаз, основывающихся на взаимоиндуктивном или индуктивном принципе, (2) разработки способа одновременной регистрации микро- и макродвижений и (3) поиска путей улучшения способа прикрепления регистрирующих приспособлений к глазу.

Конструктивное разделение каналов получаем, если в качестве возбуждающей используется центральная катушка, а с координатных катушек K_x , K_y снимается эдс, пропорциональная соответственно горизонтальным и вертикальным отклонениям глаза.

В процессе разработки исследовались также свойства индуктивных и автокомпенсационных измерителей движений глаз. Индуктивные преобразователи отличаются от взаимноиндуктивных, приведенных на рис. 1, тем, что в них не используется центральная катушка, а координатные катушки включаются в плечи мостовой измерительной схемы. Наиболее простую измерительную схему составляют два измерительных моста. Один из них образуют катушки K_{x1} , K_{x2} и два резистора R_{x1} , R_{x2} а другой — катушки K_{y1} , K_{y2} и резисторы R_{y1} , R_{y2} . В исходном положении, при $\theta = 0$, мосты находятся в положении равновесия и напряжения вертикальной и горизонтальной компонент равняются нулю. При повороте глазного яблока с кольцом на угол $\theta = \theta_x + j\theta_y = \theta e^{j\epsilon}$, равновесие мостов нарушается и на измерительных диагоналях появляются напряжения e_x и e_y , величины которых являются пропорциональными углом, а фазы соответствуют направлениям нейтрального положения. Характеристики индуктивных преобразователей также зависят от материала кольца. Блок-схема измерителя движений глаз, построенного на основе индуктивного преобразователя, состоит из возбуждающего генератора и двух одинаковых усилительных каналов напряжений разбаланса мостов. Описанный индуктивный преобразователь имеет довольно громоздкую электрическую схему. Она получается компактнее при использовании для усиления сигналов разбалансов мостов знакочувствительных автогенераторных усилителей постоянного тока. В этом случае сам индуктивный преобразователь служит в качестве входного модулятора этих усилителей. Такой измеритель, не needing в отдельном генераторе, обладает высокой чувствительностью и компактностью.

Электромагнитные преобразователи движущий глаз в электрический сигнал

В ходе разработки были использованы взаимноиндуктивные или индуктивные преобразователи, в которых к глазу прикрепляется не катушка с выходящими из нее проводами, а лишь один короткозамкнутый виток в виде ферромагнитного или немагнитного кольца. Чувствительная часть преобразователя состоит из нескольких катушек, имеющих специальную форму. Эти катушки прикрепляются к каркасу, который фиксируется относительно головы испытуемого на оправках очков или, при более жестких требованиях к регистрации, с помощью зубочка слепка. С помощью этого же слепка можно, при желании, зафиксировать голову испытуемого к экспериментальной установке. Благодаря изменению положения глаза с кольцом относительно приемных катушек вокруг него, в последних наводится измененная эдс, подлежащая регистрации. Преобразователь, имея малые размеры и эллипсоидную форму, удобно прилегает к глазнице и практически не ограничивает нормальное поле зрения.

В этом отношении описываемые нами преобразователи существенно превосходят созданную в НИИ глазных болезней им. Гельмгольца систему бинокулярной регистрации (Аветисов, Котлярский, Смольянинова, Фролов, Глухарев, Бельский, 1976), которая закрывает значительную часть поля зрения обоих глаз со стороны носа, изменяя тем самым характеристики регистрируемых движений.

Вид взаимноиндуктивного преобразователя спереди и сверху изображен на рис. 1. Центр системы координат совмещен с центром вращения глаза. Преобразователь состоит из координатных возбуждающих катушек K_{x1} , K_{x2} , K_{y1} , K_{y2} , центральной катушки K_z и кольца K в контактной линзе K_l . Возбуждающие катушки соединены последовательно и подключены к генератору переменного тока.

Пространственная ориентация кольца выражается следующей формулой:

$$\vec{\theta} = \theta_x + j\theta_y = \theta e^{j\epsilon},$$

где θ - телесный угол;

Θ - модуль (величина) отклонения кольца;

ε - фаза (направление) отклонения кольца.

Возбуждающие катушки расположены так, что при угле $\bar{\theta} = 0$ магнитные потоки, пронизывающие центральную катушку K_c , являются симметричными и противоположными. Тем самым взаимная индуктивность между координатными и центральной катушками равняется нулю и эдс в центральной катушке не наводится. Принцип действия и электрическая схема преобразователя зависят от того, какое кольцо - ферромагнитное или диамагнитное - прикреплено к глазу.

Для преобразователя с диамагнитным кольцом (ДК) нужно выделить взаимную индукцию между (1) горизонтальными и (2) вертикальными координатными катушками и (3) центральной катушкой с одной, и кольцом, с другой стороны. Эти три взаимные индуктивности являются функциями пространственной ориентации кольца. Поскольку координатные катушки связываются с центральной катушкой через взаимные индуктивности, то эдс, наведенная в центральной катушке, может служить мерой пространственной ориентации глаза с прикрепленным к нему кольцом.

При использовании ферромагнитного кольца (ФК), принцип действия основан на взаимодействии ферромагнитного материала с магнитным полем. Когда ферромагнитное кольцо находится в центральном положении, преобразователь относительно ортогональных плоскостей является симметричным и потокоцепление между координатными и центральными катушками отсутствует. Поэтому эдс в центральной катушке равняется нулю. При повороте ферромагнитного кольца магнитное поле асимметризируется и создает потокоцепление между координатными катушками. Наведенная эдс используется в качестве меры пространственной ориентации кольца.

Описываемый преобразователь с диамагнитным или ферромагнитным кольцом является обратимым, поэтому его можно использовать с возбужденной центральной катушкой. В этом случае к центральной катушке подключается возбуждающий генератор, а с катушек K_{x1} , K_{x2} снимается эдс, пропорциональная горизонтальному компоненту O_x , а с катушек K_{y1} , K_{y2} соответственно, эдс, пропорциональная вертикальному компоненту O_y . Преобразователь, идентичный описываемому по принципу действия, но отличающийся формой и расположением координатных катушек,

предлагается в работе Митрани (1973).

Следует отметить, что такие характеристики преобразователей (таким образом, и измерителей) движений глаз, как линейность, автономность координат и чувствительность, зависят, в первую очередь, от конструкции их чувствительной части. Анализ математической модели показывает, что для повышения чувствительности необходимо увеличить угол раскрытия преобразователя (θ_x для горизонтальной составляющей угла на рис. I) и приблизить его к глазу с кольцом. Из анализа также следует, что чувствительность преобразователя пропорциональна числу витков катушек, частоте и силе возбуждающего тока, диаметрам катушек и кольца и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению кольца. Для обеспечения автономности измеряемых координат следует применять дополнительные квази-центральные катушки, а координатные катушки должны быть вытянутыми вдоль профиля преобразователя с увеличивающимся раскрытием, как видно на левой части рис. I. В диапазоне, не превышающем угол раскрытия преобразователя, может быть достигнута высокая линейность измерения углов поворота глаза с кольцом.

Раздельная регистрация горизонтальной и вертикальной составляющих движений глаз требует частотного, временного (фазового) или конструктивного разделения каналов измерителя движений глаз. В первом случае на возбуждающие катушки каждой координаты K_x и K_y подаются синусоидальные напряжения с разными частотами ω_1 и ω_2 . Пропорционально углу поворота глаза с кольцом в катушке K_y наводится эдс с частотой ω_1 , (горизонтальная составляющая) и частотой ω_2 (вертикальная составляющая). С выхода катушки K_y полученная эдс подается на общий для обоих каналов усилитель переменного тока, а далее обрабатывается по разным каналам.

При временном (фазовом) разделении каналов горизонтальные координатные катушки K_x подключаются к генератору переменного тока, а к вертикальным координатным катушкам K_y то же напряжение подается через фазовращатель, осуществляющий сдвиг по фазе на 90° . Таким образом, преобразователь создает вокруг глаза с кольцом вращающееся магнитное поле, которое при $\theta = 0$ в центральной катушке эдс не наводит. При повороте глаза в ней наводится эдс, амплитуда которой пропорциональна модулю θ телесного угла $\bar{\theta}$, а фаза соответствует направлению ξ . Сигнал снимается с центральной катушки.

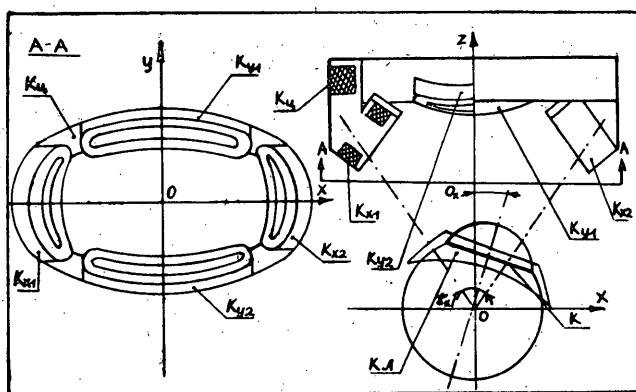


Рис. 1. Взаимондуктивный преобразователь движений глаз.

На основе взаимондуктивного преобразователя авторами разработаны автокомпенсационные измерители движений глаза. Измененная для этой цели конструкция преобразователя представлена на рис. 2. Преобразователь состоит из четырех координатных катушек K_{x1} , K_{x2} , K_{y1} , K_{y2} , оси которых перпендикулярны оси центральной катушки $K_{ц}$ и лежат в плоскости uoz . Благодаря такой конструкции устранена прямая связь через взаимондуктивности между центральной и координатными катушками, которая при компенсационном измерении должна отсутствовать.

Как взаимондуктивные, так и автокомпенсационные измерители могут быть с частотным или фазовым разделением горизонтального и вертикального каналов. В случае частотного разделения каналов первый генератор непосредственно возбуждает горизонтальную координатную катушку K_{x1} , а вторую (K_{x2}) — через усилитель с управляемым коэффициентом усиления. Второй генератор непосредственно возбуждает первую вертикальную координатную катушку K_{y1} , а K_{y2} через управляемый усилитель. Коэффициенты усиления обоих усилителей управляются сигналом ошибки, который появляется при повороте глаза и снимается с центральной катушки $K_{ц}$.

При фазовом разделении каналов используется только один генератор, который со сдвигом фаз, вносимым фазовращателем, возбуждает вертикальные и горизонтальные координатные катуш-

ки. Катушки K_{x1} и K_{y1} возбуждаются непосредственно, а K_{x2} , K_{y2} — через усилители с управляемыми коэффициентами усиления. Последние управляются сигналом ошибки, снимаемым с центральной катушки.

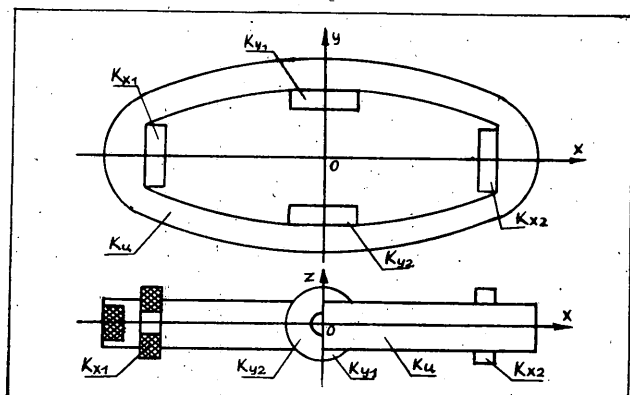


Рис. 2. Автокомпенсационный преобразователь движений глаз.

Таким образом, автокомпенсационные измерители движений глаза являются двумерными следящими системами на переменном токе. Преобразователи охвачены обратной связью, благодаря чему увеличивается линейность и точность измерителя, что позволяет его применять для расширения измеряемого диапазона. Поэтому автокомпенсационные измерители являются потенциально самыми перспективными электромагнитными регистраторами движений глаз.

Результатом разработки явилось построение измерителя движений глаз, основанного на взаимондукционном принципе с конструктивным разделением каналов и применением диамагнитного кольца. Измеритель имеет четыре канала регистрации, позволяя одновременно регистрировать движения обоих глаз в горизонтальной и вертикальной плоскостях в частотном диапазоне от 0 до 300 гц. Пределы измеряемых углов поворота глаза составляют $\pm 15^\circ$ в горизонтальной и $\pm 10^\circ$ в вертикальной плоскостях. Абсолютная погрешность на выходе измерителя в диапазоне измеряемых углов $\pm 10^\circ$ в горизонтальной и $\pm 7,5^\circ$ в вертикальной плоскостях составляет ± 1 угловую минуту. Во всем пределе измеряемых углов ($\pm 15^\circ$ по горизонтали и $\pm 10^\circ$ по вертикали) абсолютная погрешность измерителя составляет ± 15 уг-

ловых минут. Измерение движений правого глаза производится на частоте 48,6 кГц, левого - на частоте 33,8 кГц.

С о в м е с т н а я р е г и с т р а ц и я м и к р о - и м а к р о д в и ж е н и й г л а з

В экспериментах по исследованию движений глаз наблюдателя обычно удовлетворяются раздельной регистрацией и изучением фиксационных микродвижений или саккадических, вергентных и следящих макродвижений глаза. Это объясняется тем, что большинство быстродействующих регистрирующих устройств имеют разрешающую способность по амплитуде не более 10^{-2} , а диапазон амплитуд движений глаза является на несколько порядков больше. Таким образом, при записи макродвижений невозможно различить микродвижения глаза из-за ничтожной их амплитуды. Запись микродвижений ведется при больших чувствительностях регистратора и появление макродвижений выводит записываемый сигнал из допустимой зоны регистратора. При регистрации макродвижений точность обычно определяется точностью регистратора и имеет порядок единиц процентов, а при регистрации микродвижений такая же точность получается только при неизменяющейся точке фиксации.

Однако, в некоторых случаях в эксперименте необходимо одновременно получать информацию о микро- и макродвижениях глаза при точности регистрации до 0,1%. Оптическая, фотоэлектронная и электромагнитные методики позволяют получить сигнал, отображающий движение глаза с упомянутой точностью (Ярбус, 1965; Владимиров, 1972). Но вопросы, касающиеся регистрации сигнала с точностью, которую обеспечивает методика измерения, пока не решены. Выход из положения кроется в использовании цифровой регистрации сигнала с помощью аналого-цифрового преобразователя. Цифровая регистрация предполагает дальнейшую обработку сигнала на линии (и в реальном масштабе времени) или, по крайней мере, вне линии с ЭВМ. В ближайшем будущем применение ЭВМ в экспериментах по исследованию движений глаз наблюдателя будет обычным явлением, но в настоящее время сами ЭВМ и точные аналого-цифровые преобразователи для экспериментатора трудно доступны.

Для восполнения этого пробела авторами разработан и

построен специализированный преобразователь сигналов движений глаз, позволяющий регистрировать совместно как микро-, так и макродвижения глаз с точностью, которая обеспечивается измерителем, на обычных электронных или электромеханических регистрирующих устройствах. При этом записанный сигнал имеет полную информацию о микро- и макродвижениях, а относительная точность отсчета поворота глаза получается в несколько десятков раз больше точности самого регистратора. В экспериментальной установке с точным аналого-цифровым преобразователем и с ЭВМ этот преобразователь может быть использован как специализированный препроцессор глазодвигательного сигнала.

Принцип действия преобразователя основывается на поддержании выходного сигнала $y(t)$ в определенном диапазоне амплитуд, в то время как входной сигнал $x(t)$ может иметь любую амплитуду. Таким образом, диапазон амплитуд выходного сигнала во много раз уменьшается, по сравнению с входным сигналом, и его регистрация не выдвигает дополнительных требований к обычным электронным или электромагнитным регистраторам. Основная часть схемы предназначена для осуществления алгоритма, по которому вырабатывается напряжение смещения нулевой оси (U_z). При калибровке преобразователя зона регистрации устанавливается на диапазоне от $+I^0$ до $-I^0$. Каждый раз, когда выходной сигнал достигает границы зоны, компаратором вырабатывается импульс, который посылается в реверсивный счетчик. Биполярный преобразователь код - напряжение вырабатывает напряжение смещения нулевой оси, $y'(t) = \pm \frac{I^0}{2} U_z$ величина которого определяется количеством импульсов от счетчика, а знак зависит от знака входного сигнала. Компараторы знаков входного и выходного сигналов определяют полярности соответствующих напряжений, по которым схема эквивалентности задает направление считывания в реверсивном счетчике. Двоично-десятичный преобразователь выдает информацию о величине напряжения смещения нулевой оси в цифровой форме. Согласно рис. 3, в момент времени t_1 , когда выходной сигнал достигнет верхнего предела первой зоны, реверсивный счетчик получит импульс и преобразует его в двоичный код. Соответственно этому коду вырабатывается напряжение смещения $y' = I/2 U_z$. В устройстве вычитывания из входного сигнала $x(t)$ вычитывается $I/2 U_z$ и, тем самым, выходной сигнал смещается в центр зоны регистрации. В течение времени от t_1 до t_2

входной сигнал находится во второй зоне, а выходной не выходит из границ зоны регистрации. В момент t_2 выходной сигнал опять достигает верхней границы и компаратор зоны выдает второй импульс, вследствие чего напряжение смещения становится равным U_z , а сигнал на выходе преобразователя снова смещается в центр зоны. От момента времени t_2 до t_3 входной сигнал находится в третьей зоне, а с момента t_3 - в четвертой. Применение биполярной зоны регистрации со средним нулевым уровнем и смещающимися напряжениями, кратными половине зоны ($\frac{1}{2}U_z$), позволяет избежать переходов из зоны в зону с частотами, спектральные составляющие которых не превышают амплитуду зоны регистрации. Например, в момент времени t_4, t_5 сигнал $x(t)$ находится в четвертой зоне, а выходной сигнал не достигает границ зоны регистрации и переходов из зоны в зону не происходит. В момент t_6 выходной сигнал достигает нижней границы зоны регистрации и содержание счетчика уменьшается и соответственно уменьшается напряжение смещения. Аналогично происходит переход из зоны в зону в моменты t_7, t_8, t_9 . Вследствие такой обработки амплитуда выходного сигнала по отношению к входному уменьшается во столько раз, сколько зон имеется в преобразователе. Таким образом, сжатый сигнал $y(t)$ имеет полную информацию о входном сигнале $x(t)$ и облегчает его анализ. Например, амплитуда движения в градусах определяется количеством переходов через зоны (q_1 и q_2 на рис. 3), а скорость движения в отдельных этапах по отрезкам времени $\Delta t_1, \Delta t_2$ и т.д. Фиксационные микродвижения представляются независимо от величины угла фиксации и без переходов из зоны в зону, так как их амплитуда не превышает зоны регистрации. Известна оптическая система для получения одновременно информации о микро- и макродвижениях глаза (Гиппенрейтер, Вергилес, Шедровицкий, 1964), но она страдает от множества недостатков, которых нет в описанном выше преобразователе. Сконструированный преобразователь имеет 32 зоны входного сигнала и, тем самым, осуществляет 32-кратное увеличение разрешающей способности подключаемого регистрирующего прибора.

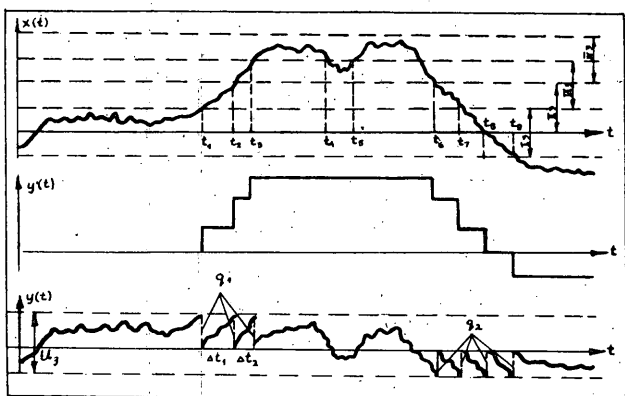


Рис. 3. Эпюры напряжений входного сигнала, смещения нулевой оси и выходного сигнала.

Анализ стабильности контактных линз на глазу испытуемого

Самое аккуратное измерение движений глаз выполняется методом прикрепления какого-либо регистрирующего приспособления к глазу с помощью контактной линзы или присоски Ditchburn, Ginsborg, 1953; Riggs et al., 1953; Ярбус, 1965). Обычные роговичные контактные линзы не применяются из-за большой подвижности на глазу, поэтому во всех регистрирующих системах используются специальные линзы, имеющие две сферические поверхности разного диаметра для плотного прилегания к роговице и склере. Для обеспечения точной регистрации линзы должны двигаться синхронно с глазом как при движении с постоянной скоростью, так и в случае высоких ускорений во время произвольных саккад. Плотное прилегание и отсутствие скольжения линзы достигается путем индивидуальной подгонки радиусов роговичной и склеральной сфер, что дополняется эффектом присасывания, результирующегося отрицательным давлением 20 мм ртутного столба и более между контактной линзой и

глазом. parlow (1963) и Fender (1964) предложили метод для создания отрицательного давления путем заподнения щели между линзой и глазом двухпроцентным раствором бикарбоната натрия (NaHCO_3) который, из-за явления осмоса, отсасывается через ткани глаза. Ярбус (1965) обеспечивал присасывание присоски выкачиванием жидкости (физиологический раствор) или воздуха из-под нее. Выкачивание воздуха сушит наружную поверхность глаза и существенно ограничивает длительность одной экспериментальной сессии. Все контактные линзы причиняют неудобства, а особенно плотно прилегающие обязательно требуют местного анестезирования. Fender (1964) считает, что даже при наилучшей стабилизации линзы относительно глаза, она отстает от глаза на 1 угловую минуту во время саккады на 1^0 и на 6 угловых минут во время саккады на 9^0 . Контактные линзы и устройства, прикрепляемые к ним, должны иметь наименьшие массу и размеры. Если на поверхности линзы имеются какие-либо выступы, нарушается также нормальное моргание.

Среди отечественных исследователей движений глаз бытует мнение, что из существующих методик регистрации движений глаз наибольшей точностью обладает методика Ярбуса (1965), базирующаяся на принципе оптического рычага, отражающее зеркало которого прикрепляется к присоске. Однако часто упускают из виду, что следует четко разделить такие понятия, как точность и чувствительность методики регистрации движений глаз. О чувствительности разумно говорить как о минимальном угле поворота глаза, доступном регистрации данной методикой. О точности же приходится говорить в случае определения ошибки между результатом измерения и истинным значением. Точность данной методики регистрации движений и положения глаза бывает разной для того и другого и определяется как максимально допустимый угол рассогласования между истинной амплитудой или истинным положением глаза и регистрируемыми амплитудой или положением его. В этом отношении в большинстве случаев неуместно говорить о точности методики регистрации движений глаз до тех пор, пока не представлены сравнительные данные регистрации более точным методом или результаты статистического анализа.

Единственными известными параметрами, характеризующими чувствительность оптической методики с применением присоски (Ярбус, 1965), являются его же записи тремора, выполненные в 1956 году. На основании этих кривых делается вывод, что

тремор имеет амплитуду 20–40 угловых секунд. Поскольку на кривой такая амплитуда различима, допускается, что чувствительность его методики такая же. Создатель отечественного варианта методики Robinson (1963), Вергилес (Зинченко, Вергилес, 1969) не приводит данных о точности и чувствительности своей методики и часто происходит необоснованное отождествление параметров его методики с параметрами оптического метода Ярбуса. Однако корректное определение чувствительности методики потребовало бы регистрации контролируемых углов поворота макета глазного яблока. Для оптической части системы это дало бы немного, а устойчивость прикрепления присоски к глазу осталась бы по-прежнему неконтролируемой. Одну широкоизвестную попытку сравнить скольжение присосок и плотно прилегающих контактных линз осуществил Barlow (1969). Пользуясь методикой послеобразов и прикрепляя объекты наблюдения к присоске и линзе, он сравнивал взаимное положение послеобраза и стабилизированного участка объекта. Используя контактные линзы, оказалось невозможным сохранение стабилизированной "стрелки" строго против заданного деления "шкалы" в послеобразе даже в случае произвольной жесткой фиксации взгляда. При выполнении саккадического движения было заметно, что стабилизированное изображение смещается на меньшее расстояние, чем послеобраз. При использовании присоски, видимое смещение образов существенно меньше, чем в случае контактной линзы. При возникновении скачков глаз возникает временное рассогласование в положениях стабилизированного и послеобразов, которое с окончанием движения устраняется. Скорее всего наблюдается эффект отставания присоски от движения глаза, ввиду инерционных сил. Дальнейшее исследование состояло в измерении смещений контактной линзы и присоски на глазу методом двух последовательных экспозиций. Две половины прямоугольника, закрепленного на присоску или на контактную линзу, экспонировали на 0,1 сек с межэкспозиционным интервалом в 5–10 сек. Если между двумя экспозициями нет скольжения линзы, два послеобраза от обеих половин прямоугольника образуют прямоугольник. Если же возникали смещения, послеобраз приобретал форму ступеньки, высота которой может быть оценена. Средней мерой смещения контактной линзы определили $\pm 3,4$ угловых минут (при условии устойчивой фиксации взгляда испытуемым). Присоска дала лучшие результаты – среднее смещение составляло $\pm 0,67$ угловой минуты (40 угловых секунд). Используя ме-

тод установки для оценки качества системы стабилизации изображения относительно сетчатки, Riggs, Schick (1968) определили стандартным отклонением метода установки в среднем для трех испытуемых 0,46 угловых минут (28 угловых секунд). Принято, что эта величина характеризует, в первую очередь, скольжение контактных линз, применяемых в методике стабилизации изображения. При выполнении саккад налево и направо с амплитудой от 1° до 6° смещение в положении стабилизированного изображения не вызывало систематических ошибок стабилизации и не превышало 1° угловой минуты. Общий дрейф за одну минуту при установке положения стабилизированного изображения двумя испытуемыми суммарно в течение 114 минут составлял 0,16 угловых минут в минуту.

Jones, Keesev (1975) получили методом установки для своей системы стабилизации изображения (оптическая система с контактной линзой) общее смещение изображения (главным образом, за счет скольжения контактной линзы) для двух испытуемых в среднем на 0,4 угловой минуты (24 угловых секунд).

Cornsweet, Crane (1973) также определили точность своего метода с оптической системой, не содержащей контактных линз или присосок "консервативным способом" измерения точности стабилизации изображения относительно сетчатки. Они нашли, что стандартное отклонение положения стабилизированного изображения, синтезированного из двух частей вспышками, следующими друг за другом через 7 сек, составляет $1,1^\circ$ угловую минуту. Исходя из того, что эти измерения были выполнены на первоначальном макете системы, которая в дальнейшем обеспечивалась компонентами с более высокими показателями, авторы считают, что эта система предположительно имеет лучшие характеристики стабилизации изображения, чем системы, использующие линзы.

Вышеприведенный анализ показывает, что для оценки точных и чувствительных методов регистрации движений глаз не существует прямых путей. Пожалуй, единственным доступным способом определения минимального регистрируемого угла (чувствительности) или максимального расхождения между выполненным и регистрируемым значением (точности) является применение субъективного метода оценки взаимного положения послеобразов. То же верно для оценки точности методов стабилизации изображения относительно сетчатки.

Fender (1964) провел анализ данных относительно ста-

омильности контактных линз на глазу. Он подчеркнул важность точной подгонки формы контактной линзы к форме роговицы и склеры. Одна из рекомендаций требует плотного облегания контактной линзы вокруг лимбуса, другая - использования контактных линз с тремя кривизнами (третья - на месте лимбуса. Регистрацию движений глаз целесообразно начать не ранее, чем через 10 минут после наложения линзы на глаз. Хорошо подогнанные линзы позволяют регистрировать амплитуду малых движений (до $\pm 1^\circ$) с точностью около 1 угловой минуты, а большие движения (до $\pm 9^\circ$) - с точностью порядка 6 угловых минут (1%). Wyford (1962) считает, что при регистрации движения глаза с амплитудой меньше 30 угловых минут определить скольжение контактных линз невозможно.

Недавно Collewijn et.al. (1975) существенно модифицировали контактную методику Robinson (1963), исходя из соображений уменьшения скольжения контактной линзы с катушками. Они используют эластичное кольцо из силиконовой резины, в которую залита катушка. Внутренний и наружный диаметры кольца имеют такой размер, что кольцо прилегает к лимбусу, опираясь наружным краем на склеру, внутренним - на роговицу. В сущности, ими создана кольцевая присоска, которая не покрывает роговицу и не меняет оптическую среду перед глазом. Измерения показывают, что регистрируемое скольжение кольца в результате выполнения серии саккад на 20° (20 движений по вертикали, столько же по горизонтали) отсутствует. Чувствительность модифицированной методики Robinson они определяют как 30 угловых секунд, считая, что имеются еще резервы для улучшения этого показателя. Огромное преимущество кольцевой присоски перед центральными присосками Ямбуса состоит в том, что непрерывную регистрацию можно вести в течение 60 минут без последствий, опасных для глаза испытуемого.

Преимущества методики еще больше возрастут, если вместо катушки в кольцевую присоску залить диамагнитное кольцо для регистрации движений глаз взаиминдукционным способом.

Л и т е р а т у р а

- Аветисов Э.С., Котлярский А.М., Смольянинова И.Л., Фролев К.В., Глухарев К.И., Бальский М.А. Определение физионного поля при бификсации и его особенностей. В сб.: Офтальмоэргоника, Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца, М., 1976, 115-122.
- Владимиров А.Д. Методы исследования движений глаз, М., МГУ, 1972.
- Гиппенрейтер Д.Б., Вергилес Н.Ю., Щедровицкий Л.П. Новое в методике регистрации тремора глаз. - "Вопросы психологии", 1964, 5, 118-121.
- Зинченко В.П., Вергилес Н.Ю. Формирование зрительного образа. М., МГУ, 1969.
- Митрани Л. Саккадические движения глаз и зрение. София, БАН, 1973.
- Морняков Э.Д., Котлярский А.М. Некоторые данные о движений глаз у человека и животных и методах их регистрации. - "Вестник Московского университета. Биология", 1971, 6, 35-41.
- Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М., "Наука", 1965.
- Barlow, H.B. Slippage of contact lenses and other artefacts in relation to fading and regeneration of supposedly stable retinal images. "Quarterly Journal of Experimental Psychology", 1963, 15, 36-51.
- Byford, G.H. The fidelity of contact lens eye movement recording. "Optica Acta", 1962, 9, 223-236.
- Collewijn, H. van der Mark, F., Janson, T.C. Precise recording of human eye movements. "Vision Research", 1975, 15, 447-450.
- Cornsweet, T.N., Crane, H.D. Accurate twodimensional eye tracker using first and fourth Purkinje images. "Journal of the Optical Society of America", 1973, 63, 921-928.
- Ditchburn, R.W., Ginsborg, B.L. Involuntary eye movements during fixation. "Journal of Physiology", 1953, 119, 1-17.
- Fender, D.H. Contact lens stability. Biomedical Sciences Instrumentation. Vol. 2. Plenum Press, New York, 1964, 43-52.

- Jones, R.M., Tulunay-Keesey, U. Accuracy of image stabilization by an optical-electronic feedback system. "Vision Research", 1975, 15, 57-61.
- Riggs, L.A., Ratliff, R., Cornsweet, J.C., Cornsweet, T.N. The disappearance of steadily fixated test-objects. "Journal of the Optical Society of America", 1953, 43, 495-501.
- Riggs, L.A., Schick, A.M.L. Accuracy of retinal image stabilization achieved with a plane mirror on a tightly fitting contact lens. "Vision Research", 1968, 8, 159-169.
- Robinson, D.A. A method of measuring eye movement using a scleral search coil in a magnetic field. "JEEE Transactions on Bio-Medical Electronics", 1963, BME-10, 137-145.

FURTHER DEVELOPMENT OF THE ELECTROMAGNETIC EYE MOVEMENT RECORDING METHOD

V.Laurutis, K.Krisciunas, A.Luuk, J.Huik, J.Allik

S u m m a r y

Three directions of further development of the method of Robinson (1963) are described. First of them consists in building new types of electromagnetic eye movement sensors, based on inductivity, mutual inductivity or autocompensatory functions. In all of these cases the metal ring, but not coil of wire is mounted into the contact lens or suction ring, developed by Collewyn et al. (1975).

Another direction consists in development of eye movement signal converter for simultaneous recording of micro and macro movements of the eyes in the range of ± 15 degrees in horizontal and ± 10 degrees in vertical plane on a conventional electromechanical or electronic device. In the computer-based eye movement recording system converter constructed may serve as a specialized preprocessor of eye movement signals.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЛОВЕСНЫХ АССОЦИАЦИЙ В РАЗНЫХ ЯЗЫКАХ

К. Тойм

В в е д е н и е

В психологических исследованиях речевых реакций широко применяется ассоциативный эксперимент. Сущность эксперимента в том, что испытуемым предлагаются по очереди некоторые слова-стимулы и испытуемые должны отвечать первым пришедшим по поводу стимула в голову словом. Выяснилось, что многие испытуемые отвечали соответствующему стимулу тем же самым словом. Исследователи предполагали, что в совокупности более частных ответов отражается общественный опыт данного языкового коллектива.

Уже в начале столетия американские психологи Кент и Розанов создали нормативный ассоциативный словарь английского языка. Они выбрали в качестве стимулов 100 самых распространенных и общеизвестных слов (существительные, прилагательные и некоторые глаголы) и провели ассоциативные эксперименты с 1000 взрослых испытуемых различных образовательных уровней, профессий и разных возрастов. Так была получена 1000 ответных реакций для каждого стимула.

В словарь включены все полученные ответы. За каждым ответом отмечено, сколько раз это слово встречалось в качестве ответа на данный стимул. (Kent, Rosanoff, 1910; 37-96)

Нормативный словарь такого типа имеет большое значение в области патопсихологии для изучения умственно малоразвитых и больных людей. Но в настоящее время ассоциативные словари создаются и на базе других языков - немецкого, французского, итальянского, польского и т.д. Наличие ассоциативных словарей в различных языках дает исследователям возможность сделать сопоставительный анализ ассоциаций по разным языковым группам.

Интерязыковые изучения ассоциативных реакций были начаты в пятидесятых годах. В.А. Расселл и О.Р. Мезек сравнивали наиболее частые ответы, полученные от немецких, французских и

американских студентов в ассоциативных экспериментах на основе списка стимулов Кента-Розанова (Russell, Meeck, 1959).

В 1961 году была опубликована статья М.Р.Розенцвейга, в которой изложены результаты сопоставительного анализа наиболее частых ассоциаций в американской, французской, немецкой и итальянской группах. (Rosenzweig, 1961) Авторы обеих статей показали, что около половины ответных реакций на эквивалентные (в переводах) стимулы совпадали по содержанию во всех языковых парах. Но средняя частота первичных (примарных) ответов была в американской группе гораздо больше, чем в европейских группах.

Польский исследователь Ида Курц, сравнивая польские ассоциативные нормы с американскими, французскими и немецкими показала, что польские наиболее частые ответы совпадали по содержанию с другими языками в меньшей мере, чем первичные ответы на других языках между собой. Количество совпадающих по содержанию первичных ответов между американской и польской группами - 37, немецкой и польской - 35, французской и польской - 32. Количество совпадающих ответов между американской и немецкой группами было 49, между американской и французской - 48, между французской и немецкой - 45. Из этого следует, что польская группа в большей мере различается с другими группами в содержаниях первичных ответов, чем другие группы между собой. Но если исследователь сравнивал первые три более частые ответа польской нормы с первичными ответами ассоциативных норм других языков, то количество совпадающих по содержанию ответов увеличивалось соответственно: 74, 62 и 54 ответа. Дополнительно сравнивали и первые пять более частых ответов польской нормы с соответствующими американскими ответами. Выяснилось, что совпадение составляло 44%. (Kurtz, 1966 ;153-54)

Перед исследователями встал вопрос, чем обусловлены различия между разными языковыми группами. Зависят ли они от самих семантических структур разных языков, или от культурно-этнических условий, влияющих на образ жизни и стиль мышления носителей разных языков.

Специальное исследование для решения этой проблемы проводили польские психолингвисты Г.Шугар, К.Гепнер-Виечко. Исследование проводилось со студентами отделения английской филологии Варшавского университета в двух сериях. В первой серии испытуемым предлагали лист со стимульными словами на

польском языке, и студенты отвечали на польском языке. Во второй серии повторяли эксперимент на английском языке. Авторы показали, что ответы студентов в первой серии ближе к польским нормам, а во второй серии - английским. Отсюда авторы сделали вывод, что языковая структура действительно влияет на ассоциативный процесс. (Shugart, Serper-Wiscko, 1971)

Аналогичное исследование проводила в Советском Союзе А.А. Залевская. Испытуемыми были студенты трех вузов города Алматы. Работа с казахским списком (К) велась в Казахском педагогическом институте, куда поступают выпускники казахских школ и где преподавание ведется на казахском языке. Русский список (Р) был предложен студентам факультета русского языка и литературы Казахского государственного университета, а с английским списком работали студенты выпускных курсов факультета английского языка Алма-Атинского пединститута иностранных языков. Из данных опытов автор сделал следующие выводы: словесные ассоциации в английском (на основе опубликованных данных), русском и казахском языках, даваемые носителями данных языков, различаются между собой по количеству различных ответов на слово, по соотношению синтагматических и парадигматических ответов, по характеру смысловых связей между исходными словами и ответами на них, а также по степени тесноты связей между словами.

Словесные ассоциации в английском языке как иностранном, полученные от русских испытуемых, имеют некоторые характеристики, специфичные для словесных ассоциаций в русском языке, что говорит о наличии переноса ассоциативных привычек родного языка на иностранный. (Залевская, 1971)

Противоречивые результаты между последними двумя исследованиями могут быть обусловлены различными уровнями владения английским языком разными группами испытуемых.

Некоторые американские авторы считают общность ответов и долю парадигматических ответов показателями зрелости речевой деятельности. Другие авторы признают, что эти особенности ассоциаций зависят от специальной установки на ответы (*response set*) и от познавательного стиля (*cognitive styl*) Испытуемые разделяются по познавательному стилю на две группы: (1) выше-коммуналитивные (*high commonality*) и (2) ниже-коммуналитивные (*low commonality*).

Для выше-коммуналитивных испытуемых характерно как боль-

шое количество наиболее частых ответов, так и парадигматических. У ниже-коммуналитивных людей встречаются чаще синтагматические ответы, при этом их ответы не имеют такой высокой частоты.

Для польских первичных ответов характерны малая частотность и относительно малая доля парадигматических ответов. Кугса, 1966; Из этого следует, что в польском языковом коллективе доминируют ниже-коммуналитивные типы людей. Но возможно, что польский язык отличается от других европейских языков и малая парадигматичность в ассоциативных реакциях обусловлена особенностью семантической структуры польского языка.

Некоторые тенденции, не только общие для языковых групп, но и общечеловеческие: наиболее частотные стимулы (стол, мужчина) дают однотипные реакции. Но ассоциативные нормы отражают специфический для данного языка и данной культуры "ассоциативный профиль" лексических единиц. (Леонтьев, 1969)

Мы предполагаем, что особенности ассоциативных норм зависят и от структуры данного языка и от культурно-этнических условий носителей этого языка. Цель настоящей работы состояла в выяснении, какие из показателей ассоциативного эксперимента связаны с тем или другим фактором. Для решения этого вопроса мы сравниваем между собой американские, французские, эстонские (финно-угорский язык), русские и киргизские (язык, принадлежащий к тюркской группе) ассоциативные нормы.

Языки советских народов (русский, киргизский, эстонский) по своей структуре совершенно несходны, но образ жизни довольно однороден. Если ассоциативные реакции между этими группами похожи, то это доказывает, что образ жизни влияет сильнее на реакции, чем язык сам.

М е т о д и к а

Исходные данные для сопоставления ассоциативных норм. Ассоциативные нормы иностранных языков опубликованы в сборнике "Нормы словесных ассоциаций" (Postman, 1970). Американские нормы составлены Дженкинсом (James J. Jenkins, 1952). Нормы определились на основе данных ассоциативных экспериментов с 1008 студентами Миннесотского университета в США.

Данные о распределении испытуемых по полу не опубликованы. (Postman, 1970) Французские нормы выработаны Розенцвейгом в 1955-1956 гг. в Париже. Из 288 испытуемых-студентов IO4 составляли мужчины и 184 женщины (Postman, 1970). Немецкие нормы определились на основе данных экспериментов, проведенных Расселлом с Вюрцбургскими студентами и учениками старших классов в 1957-1958 гг. Среди испытуемых - 300 мужчин и только 31 женщина, всего 331 человек. (Postman..., 1970);

Киргизские и русские нормы составлены на основе результатов ассоциативных экспериментов Л.Н.Титовой в 1972 году. Испытуемыми-носителями киргизского языка были студенты вузов г. Фрунзе в количестве 1000 человек. Русские нормы были получены от 500 испытуемых-носителей русского языка, студентов вузов г. Фрунзе (Титова, 1975). Эстонские нормы составлены автором настоящей работы на основе данных ассоциативных экспериментов, проведенных в 1973-1974 гг. Испытуемыми были 500 учащихся 9-II классов 13-и общеобразовательных школ Эстонской ССР, в возрасте 15-19 лет, 34% из них были мальчики и 500 взрослых различной профессии в возрасте 18-60 лет, 40% из них составляли мужчины, около 50% имеет высшее образование.

Данные об испытуемых в нормативных группах являются неполными. Мы не знаем, каков пол испытуемых в американской, русской и киргизской группах. Мы не знаем, какое количество испытуемых составляли билингвисты и т.д.

Слова - стимулы. Во всех группах применяли в качестве стимулов те слова, которые использовали американские психологи Кент и Резанов для составления первого в мире ассоциативного словаря. Но, к сожалению, в экспериментах с русскими и киргизскими студентами не использовались все слова-стимулы из списка Кента и Розанова, и у нас нет возможности для сопоставления всех ассоциатов. В этой работе мы выбрали 40 слов-стимулов и распределили их между 8 тематическими группами, 5 слов на каждую группу. Заглавия тематических групп и слова-стимулы, включающиеся в эти группы, следующие:

1) природа - гора (9), река (27), земля (44), океан (69), луна (91);

2) комната - стол (1), стул (20), ковер (39), лампа (52), кровать (82);

3) пол и возраст - мужчина (5), женщина (23), девочка (40), мальчик (57), ребенок (75);

- 4) абстрактные существительные - болезнь (4), удобство (13), правда (56), здоровье (59), радость (86);
 - 5) действия (глаголы) - еда (8), свистеть (22), спать (37), работа (42), купаться (63);
 - 6) ощущения - темный (2), мягкий (7), сладкий (21), холодный (24), кислый (43);
 - 7) название цветов - черный (11), красный (36), желтый (54), голубой (66), зеленый (94);
 - 8) пространственные качества - глубокий (6), короткий (15), гладкий (18), высокий (41), длинный (72).
- За каждым стимулом показан его порядковый номер в списке Кента и Розанова.

Критерии сравнения. В предыдущих сравнительных исследованиях различных ассоциативных норм использовались следующие критерии: (1) количество первичных ответов, совпадающих по содержанию в двух группах, (2) количество пяти наиболее частых ответов, совпадающих по содержанию в двух группах, (3) количество разных ответов на слово-стимул, (4) общность, коммуникативность ответов, (5) отношения между стимулом и ответом - типы ассоциаций.

При этом, что касается типов ассоциаций, то разные авторы применяют различные классификации.

Психолингвисты разделяют словесные ассоциации на две группы: синтагматические и парадигматические ассоциации. Синтагматические - это такие ассоциативные пары слов, которые находятся в предложении рядом (красивая женщина, стол стоит). Для синтагматических ассоциаций характерно, что части речи стимулов не совпадают с частями речи ответов: например, стол - большой (существительное - прилагательное), стол - стоит (существительное - глагол). Парадигматическими являются такие ассоциации, у которых стимул и ответ - в одной и той же грамматической категории. Например, стол - стул (существительное - существительное), темный - светлый (прилагательное - прилагательное), работать - спать (глагол - глагол). В категорию парадигматических ассоциаций включаются прежде всего логические или внутренние (по Вундту) ассоциации, но и ассоциации по смежности (независимое сосуществование предметов). Все ответы, классифицированные как та же самая часть речи, что и слово - стимул, не являются парадигматическими. Во многих случаях трудно определить, является ли ассоциация

парадигматической или нет. Например, ассоциативная пара "красный - черный" может быть парадигматической в том смысле, что стимул и реакция обозначают цвета. Если испытуемому припоминается книга "Красное и черное", то реакция считается привычной речевой реакцией. Но такие оценки остаются довольно субъективными. Некоторые авторы не используют термины "парадигматическое" и "синтагматическое", а говорят только о совпадении грамматических классов между стимулом и реакцией (Палермо, 1966).

При сравнении ассоциативных норм с разными группами, обычно не рассматриваются все типы ассоциаций, но только такие, которые имеют диагностическую ценность.

Применяемые нами критерии. Для определения коммуналитивности мы использовали следующие показатели: (1) средняя частота первичных ответов (в процентах), (2) средняя частота первых, более частых, ответов, и т.д.

Для определения доли синтагматических и парадигматических ответов в данной работе рассматривается количество синтагматических ответов в совокупности с первичными и пятью наиболее частыми ответами. При этом мы считаем синтагматическими ассоциациями только такие связи, как существительное - прилагательное, прилагательное - существительное, существительное - глагол и глагол - существительное. Исключением являются лишь такие редко встречающиеся связи, как свистеть - свисток, спать - сон, мужчина - мужской. Эти ассоциации мы не считаем синтагматическими. Все остальные связи остаются в категории "несинтагматические" (логические связи, ассоциации по смежности (независимое сосуществование), также и привычные речевые связи, однако последние очень трудно отличить от парадигматических ассоциаций).

Мы рассматриваем и количество ответов, совпадающих по содержанию в различных языковых группах - количество совпадающих по содержанию первичных ответов и первых пяти, наиболее частых, ответов.

Результаты

Совпадение по содержанию более частых ответов по языковым группам. Сопоставительный анализ ассоциаций по разным группам свидетельствовал о наличии, так называемых, общечеловеческих связей между некоторыми стимулами и реакциями. Результаты исследования Розенцвейга показали, что в английском, французском, немецком и итальянском языках первичными являлись такие ассоциативные пары, как стол - стул, темный - светлый, мужчина - женщина, мягкий - твердый (жесткий), женщина - мужчина, овца - шерсть и т.д. Выяснилось, что в 21 случае (из 89 возможных) мы получили эквивалентные первичные ответы. Если сравнить только английские, французские и немецкие нормы, то количество эквивалентных первичных ответов увеличивалось до 36 (из 100 стимулов). Розенцвейг показал, что такие эквивалентные, во всех языках первичные, ответы имеют более высокий коэффициент частоты, чем остальные первичные ответы.

Результаты нашего исследования показали, что у 5 стимулов из 40 эквивалентные ответы были для всех 6 языковых групп (см. табл. I).

Как видно из табл. I, в большинстве случаев действительно существует связь между коэффициентами частоты и совпадением по содержанию первичных ответов во всех языках. Во французской группе является исключением ассоциативная пара "длинный - короткий", частота которой меньше средней, в эстонской группе "лампа - свет", в киргизской группе "стол - стул" и "мальчик - девочка"; для русской группы этой закономерности не наблюдалось.

Как мы видим из табл. 2, первичные ответы довольно однородны: нет ответов, встречающихся только в одной языковой группе, но около половины (18 от 40) первичных ответов выступают в четырех или более группах. Часто встречающимися являются следующие ассоциативные группы (кроме вышепоказанных пар): стул - стол, мужчина - женщина, женщина - мужчина, девочка - мальчик, спать - кровать, темный - светлый, мягкий - твердый (жесткий), черный - белый, голубой - небо (встречаются в пяти группах), здоровье - болезнь, радость - горе, сладкий - кислый, высокий - низкий (в четырех группах).

Таблица 1.

Эквивалентные первичные ответы и их частота в нормативных группах

Ассоциативные пары	Ч а с т о т а				
	Ам.	Фр.	Нем.	Эст.	Русск. Кирг.
стол - стул	83,3	55,2	29,3	70,8	30,4 12,0
лампа - свет	62,7	35,4	35,3	19,9	20,0 26,4
мальчик - девочка	76,1	40,6	36,0	61,8	12,0 15,7
кислый - сладкий	56,3	29,9	39,0	50,0	13,6 29,0
длинный - короткий	71,1	22,6	44,1	53,6	15,6 34,6
средняя частота первичных ответов	40,4	23,9	27,2	37,6	16,8 20,5

Таблица 2.

Количество стимулов, имеющих эквивалентные первичные ответы

О т в е т в н с т у п а е т				
в 1-ой группе	в 2-х групп.	в 3-х групп.	в 4-х групп.	в 5-и групп.
0	7	15	4	9
				5

Таблица 3

Количество совпадающих по содержанию первичных ответов в парах языковых групп

	Ам.	Фр.	Нем.	Эст.	Русск.	Кирг.
Ам.	19 (47,5%)	19 (47,5%)	19 (47,5%)	19 (47,5%)	14 (35,0%)	12 (30,0%)
Фр.	19 (47,5%)	23 (57,5%)	23 (57,5%)	22 (55,0%)	13 (32,5%)	13 (32,5%)
Нем.	19 (47,5%)	22 (55,0%)	26 (65,0%)	26 (65,0%)	11 (27,5%)	15 (37,5%)
Эст.	19 (47,5%)	13 (32,5%)	11 (27,5%)	12 (30,0%)	12 (30,0%)	17 (42,5%)
Русск.	14 (35,0%)	13 (32,5%)	15 (37,5%)	13 (42,5%)	13 (32,5%)	13 (32,5%)
Кирг.	12 (30,0%)	13 (32,5%)	15 (37,5%)	13 (42,5%)	13 (32,5%)	13 (32,5%)

Таблица 4.

Количество совпадающих первых пяти более частных ответов по парам языковых групп

	Ам.	Фр.	Нем.	Эст.	Русск.	Кирг.
Ам.	81 (40,5%)	81 (40,5%)	105 (52,5%)	99 (49,5%)	67 (33,5%)	60 (30,0%)
Фр.	105 (52,5%)	82 (41,0%)	82 (41,0%)	76 (38,0%)	51 (25,5%)	46 (23,0%)
Нем.	99 (49,5%)	76 (38,0%)	94 (47,0%)	94 (47,0%)	59 (29,5%)	50 (25,0%)
Эст.	67 (33,5%)	51 (25,5%)	59 (29,5%)	34 (37,0%)	74 (37,0%)	65 (32,5%)
Русск.	60 (30,3%)	46 (23,0%)	50 (25,0%)	65 (32,5%)	63 (31,5%)	63 (31,5%)
Кирг.						

В табл. 3 сравниваются эквивалентные первичные ответы по парам языков. Из таблицы видно, что количество по содержанию первичных ответов по парам языков варьируют. Первичные ответы американской группы совпадают с ответами французской, немецкой и эстонской групп при 19 стимулах (в 47,5% случаев), но количество совпадающих с русскими и киргизскими группами первичных ответов меньше – соответственно 35% и 30%. Эстонские первичные ответы в большей мере совпадают с немецкими (65%), французскими (55%) и американскими (47,6%) ответами, но менее – с киргизскими (42,5%) и русскими (30,0%) первичными ответами. Характерно, что русские первичные ответы относительно меньше совпадают с первичными ответами других групп (27,5 – 30%).

Сравнение количеств совпадающих первых пяти более частых ответов указывает в общем на те же самые закономерности (см. табл. 4). Ответы эстонской группы совпадают в большей мере с американскими (49,5%) и немецкими (47,0%) ответами и в меньшей мере с французскими (38,0%) и русскими (37,0%) ответами. Русские ответы совпадают с другими ответами меньше (25,5 – 37,0%), но самыми оригинальными являются киргизские ответы, совпадающие с другими ответами в наименьшей мере (23,0 – 32,5%).

Общность (коммуналитивность) ответов по разным языковым группам. Общность ответов является одним из самых важных показателей в сопоставительных изученных ассоциативных норм разных групп. Исследования Рассела и Мезека, как и Розенцвейга, показали, что общность первичных ответов в американских группах более высокая, чем в других языковых группах. Польский лингвист И. Курц показал в своем исследовании, что общность первичных ответов польской группы была значительно меньше, чем в других группах.

Из наших сравниваемых языковых групп была на первом месте по общности первичных ответов американская группа (средняя частота первичных ответов 40,4%). Остальные группы располагались по порядку следующим образом: эстонская (37,6%), немецкая (27,2%), французская (23,9%), киргизская (20,5%) и русская (16,8%).

Таблица 5
Средняя частота первичных ответов по языковым группам и тематическим группам стимулов

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Средняя
Ам.	23,2	59,6	60,4	24,0	24,0	52,0	31,2	48,4	40,4
Фр.	14,6	27,4	35,8	12,8	18,8	30,8	22,6	28,4	23,9
Нем.	21,4	23,2	30,8	17,6	16,2	40,4	21,6	46,4	27,2
Эст.	24,6	37,0	57,0	34,0	22,0	46,8	30,0	49,0	37,6
Русск.	17,2	18,9	13,6	14,0	20,0	18,4	16,2	16,4	16,8
Кирг.	17,8	21,4	18,0	20,4	20,4	25,6	18,4	25,6	20,5
Средняя	19,8	31,2	35,9	20,5	17,4	35,6	23,3	35,7	

Замечание: Названия тематических групп: I природа, II комната, III пол и возраст, IV абстрактные существительные, V действия (глаголы), VI ощущения, VII названия цветов, VIII пространственные отношения (слова - стимулы, примыкающие к тематической группе).

Как видно из таблицы, самые общие первичные ответы получают на стимулы, обозначающие пространственные отношения (УШ 35,7%), ощущения (УІ 35,6%), пол и возраст (Ш 35,9%). Самую меньшую частоту получают на стимулы, обозначающие действия (У 17,4%), природу (І 19,8%).

Разница между языковыми группами самая большая при стимулах, обозначающих пол и возраст (Ш). В американской группе средняя частота 60,4%, в русской группе только 13,6% и в киргизской группе 18,0%.

Большие различия выявляются и в тематической группе под заглавием "Комната" (П). Средняя частота в американской группе 59,6%, затем следует эстонская группа: 37,0%, а в остальных группах частота только 18,9-27,4%. Самая меньшая вариация в частотах первичных ответов приходится на стимулы, обозначающие природу (гора, река, земля, океан, луна). В этой тематической группе частоты в пределах 17,2 - 24,6%.

Как мы видим, средняя частота русских первичных ответов самая малая: 16,8%. По данным И.Курца и в польском языке первичные ответы не имеют такой высокой частоты как в английском языке. Средняя частота польских первичных ответов (на основе 100 стимулов) 19%, а в американской группе средняя частота первичных ответов 38%. (Kucsz, 1966; 156).

Эти данные указывают на возможность объяснить низкий уровень частот первичных ответов особенностями славянских языков.

Частота первичного ответа в известной мере определяет и частоты вторичного, третьего и т.д. ответов. Если первичный ответ имеет высокий коэффициент частотности (например, стол - стул (70,8)), то вторичный и третий ответы должны иметь малый коэффициент (в нашем примере, стол - скатерть (3,9), стол - скамейка (2,5) и т.д.). Но если коэффициент частотности посредственный, то и вторичный ответ имеет посредственную частоту, и третий (например, темный - лес (19,6), светлый (14,4), сад (12,8) и т.д.). Отсюда следует, что частота первичных ответов не является единственным критерием для общности ассоциативных норм.

Таблица 6
Средняя частота первых пяти ответов по языковым и тематическим группам стимулов

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Средняя
Ам.	12,2	16,4	15,6	12,8	11,6	16,2	13,6	15,4	14,23
Фр.	8,6	11,4	10,4	7,4	10,2	11,6	10,0	10,0	9,95
Нем.	9,6	12,4	9,6	8,0	7,6	12,8	9,6	12,4	10,25
Эст.	11,4	14,4	13,8	11,0	9,8	14,2	11,8	13,4	12,48
Русск.	8,2	9,0	8,0	8,6	8,8	9,8	8,2	7,8	8,55
Кирг.	9,4	10,2	9,6	9,2	9,4	9,8	7,8	11,2	9,58
Средняя	9,9	12,3	11,2	9,5	9,6	12,4	10,2	11,7	

В табл. 6 предложены средние частоты первых пяти ответов. Мы видим, что разницы между группами уменьшаются, но общие закономерности сохраняются. Языковые группы располагаются по порядку точно также, как на основе коэффициента частоты первичных ответов. То же самое можно сказать и по отношению к тематическим группам стимулов. Общность ответов противоположно связана с количеством разных ответов на слово-стимул. Наши наблюдения показали, что среднее количество разных ответов на стимулы более высокое в американской и эстонской группах, но наиболее низкое в русской группе.

Сопоставительный анализ свободных ассоциаций в трех языках (английский, русский, казахский), изложенный А.А.Залевской также показал, что в английской группе меньше разных ответов, чем в казахской и русской, но самое малое количество разных ответов в русском языке. (Залевская, 1971)

Отношения между стимулом и реакцией. В современной литературе по ассоциативному эксперименту различаются так называемые "синтагматические" (типа небо-голубое) и "парадигматические" (типа стол-стул) ассоциации. Исследования польских авторов Курца, Шугара, Гепнера-Виенчко показали, что у польских испытуемых встречаются более часто синтагматические ответы, чем у американских и других испытуемых. Для синтагматических связей среди первичных ответов в американской норме - 18%, а в польской норме - 44%. (Kurcz, 1966; 157, Shugar, Gerpner-Wienczo, 1971; 103).

Наш анализ показал, что в русской группе было 26 первичных ответов от 40 возможных, синтагматических - 65%, в киргизской группе доля синтагматических первичных ответов составляла 40%, в американской группе - 18%, во французской и немецкой - 19% и в эстонской группе только 5%. По данным исследования Курца в ассоциативных нормах существует общая тенденция, - если первичная ассоциация парадигматическая, то вторичная - синтагматическая и наоборот. Это было так в 55% случаев, в 25% случаев первичный и вторичный ответы были оба парадигматические, и в 20% случаев - оба синтагматические.

Если мы сопоставим количества синтагматических связей среди первых пяти более частых ассоциаций, то можно предположить, что разницы между группами уменьшаются.

Как видно из табл. 7, разницы в количествах синтагматических ассоциаций между американской, французской, немецкой, эстонской группами небольшие: 57-65 от 240 возможностей.

Таблица 7
Количество синтагматических связей между первыми пятью более частыми ассоциациями

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Итого
Ам.	5	7	2	5	6	14	8	10	57
Фр.	4	6	4	3	8	12	14	13	64
Нем.	3	6	7	3	10	13	8	15	65
Эст.	3	4	10	3	5	12	10	14	61
Русск.	18	16	10	11	14	18	17	19	123
Кирг.	17	14	11	11	15	18	11	20	117
Итого	50	53	44	36	58	87	68	91	

Но в то же время в киргизской и русской группах количество синтагматических ассоциаций относительно большое - в II7 и I23 случаях. Из таблицы виден и тот факт, что стимулам-прилагательным испытуемые отвечают более редко той же самой частью речи, чем другим стимулам. А это значит, что количество синтагматических ассоциаций при стимулах-прилагательных меньше, чем при остальных стимулах (см. VI-УШ тематические группы - ощущения, названия цветов, пространственные качества).

А.Е.Супрун и А.П.Клименко попытались уяснить сущность синтагматических ответов: "В литературе указывают различные доли синтагматических и парадигматических ответов ... Вероятно, отчасти различие этих долей объясняется за счет различий в языковой структуре; ведь само различие прилагательного и существительного не одинаково в английском и русском языках. Но главное заключается, видимо, в том, что наиболее естественной реакцией следовало бы считать синтагматическую - стремление продолжить текст, начатый употреблением слова - стимула." (Супрун, Клименко, 1974)

Значит, в одних языковых группах (в данном случае, славянские языки) тенденция продолжения текста большая, чем в других языковых группах.

Большая доля синтагматических ассоциаций неразрывно связана с низким коэффициентом общности ответов. Это зависит от того, что возможность давать различные ответы при синтагматических связях больше, чем при парадигматических связях. (Kucz, 1966; 156). В синтагматических ассоциациях отражается речевое-творческая установка носителей языка на речевые реакции.

З а к л ю ч е н и е

В настоящей работе сравниваются между собой свободные ассоциации на 40 слов - стимулов, полученные от американских, французских, немецких, эстонских и киргизских испытуемых. Все стимулы находятся в списке стимулов Кента и Розанова. Исходные данные опубликованы в соответствующих ассоциативных словарях.

Основаниями для сравнения были критерии: (I) общ-

ность ответов в нормативных группах, (2) доля синтагматических связей в совокупности более частых ассоциаций, (3) количество эквивалентных с другими языками ответов в совокупности более частых ассоциаций в нормативных группах.

Результаты исследования подтвердили положение некоторых иностранных авторов о том, что общность ответов неразрывно связана с долей синтагматических связей: чем больше синтагматических ассоциаций, тем меньше общность ответов.

Количество синтагматических ассоциаций зависит от установки испытуемых "видеть текст и там, где его на самом деле нет". А это значит, что для испытуемых, "предпочитающих" синтагматические ассоциации парадигматическим, характерна ориентация на речевую деятельность.

Результаты нашего исследования показали, что для русской группы характерна "синтагматическая установка" в эксперименте на свободные ассоциации. Наши результаты совпадают с результатами сопоставительного анализа свободных ассоциаций в английском, казахском, русском языках (А.А.Залевская.)

Ту же самую тенденцию наблюдали и польские исследователи в польских группах. Мы предполагаем, что "синтагматическая установка" зависит, хотя бы отчасти, от структуры славянских языков.

Сходство русских ассоциаций с киргизскими ассоциациями в доле синтагматических связей можно объяснить влиянием русского языка на киргизский язык или наличием двуязычия среди киргизской нормативной группы.

Сравнение эквивалентных с другими языками ответов показывает, что эстонские более частые ответы в большей мере совпадают с немецкими, французскими и американскими ответами (47-65%). Русские ответы в меньшей мере (25-37%) совпадают с ответами других языков. Количество эквивалентных первичных ответов с киргизским языком только 13 (32,5%). Так как испытуемые русской и киргизской групп были из вузов города Фрунзе, то можно предположить, что у испытуемых средовые и бытовые условия довольно однородные.

Из этого следует, что средовые и бытовые условия не влияют на ассоциативные реакции при наших стимулах, но особенности ответов зависят от семантической структуры конкретного языка. В семантической структуре отражаются особенности культурно-исторических условий носителей языка.

Л и т е р а т у р а

- Залевская А.А. Свободные ассоциации в трех языках. В сб.: "Семантическая структура слова". М., "Наука", 1971, 178-194.
- Леонтьев А.А. Словарь стереотипных ассоциаций русского языка, его теоретические основы, задачи и значение для обучения русскому языку иностранцев. В сб.: "Вопросы учебной лексикографии". Под ред. П.П.Денисова и Л.А.Новикова. М., МГУ, 1969, 114-127.
- Основы теории речевой деятельности. М., "Наука". 1974.
- Палермо Д.С. Словесные ассоциации и речевое поведение детей. В сб.: "Изучение развития и поведения детей". Под ред. Л.П.Липситта и Ч.К.Спайкера. М., "Просвещение", 1966, 214-286.
- Титова Л.Н. Киргизско-русский ассоциативный словарь. Фрунзе, "Мектеп", 1975.
- Cramer, Ph. Word association. Academic Press, New York - London, 1968, 159-170.
- Kent, G.H., Rosanoff, A.J. A study of association in insanity. Amer. J. Insanity, -67, 1910, 37-96.
- Kurcz, I. Inter-language comparison of word-association responses. - Internat. J. Psychol., I, (2), 1966, 151-161.
- Postman, L., Keppel, G. (Ed.) Norms of word association. Academic Press., New York-London, 1970.
- Rosenzweig, M.R. Comparisons among word-association responses in English, French, German and Italian. - Amer. J. Psychol., 74, 1961, 347-360.
- Russell, W.A., Meseck, O.R. Der Einfluss der Assoziation auf das Erinnern von Worten in der Deutschen, Französischen, und Englischen Sprache. - Z. exp. angew. Psychol., 6, 1959, 191-211.
- Shugar, G., Gepner-Wiecke, K. Effect of language structure on associative responses to word equivalents in two languages. A cross-linguistic comparison of word associations in Polish and English. - Polish Psychological Bulletin, 2 (2), 1971, 99-105.

COMPARISONS AMONG WORD-ASSOCIATION RESPONSES IN DIFFERENT LANGUAGES

K.Toim

S u m m a r y

The present paper describes comparison study of word-association responses to the 40 stimulus-words of the list of Kent and Rosanoff in English, French, German, Estonian, Russian and Kirghiz. The data of English, French, and German responses are taken from the book "Norms of word association" (ed. by Postman, L. and Keppel, G., 1970). The data of Russian and Kirghiz responses are taken from the book "Kirghiz - Russian association dictionary" by Titova, L.N., 1975. The unpublished Estonian norms have been composed by author of this paper.

The number of agreements in meaning of the first five responses in Estonian and English are 47,5 %, in Estonian and French 55,0% in Estonian and German 65,0%. The number of agreements in meaning in Estonian and Kirghiz are 42,5%, in Estonian and Russian 30,0%.

The comparison of stimulus - response relations demonstrated the high syntagmatic response set in Russian and Kirghiz groups. In other language groups syntagmatic response set is approximately twice lower. The communality of responses in Russian and Kirghiz groups is lower than in other languages groups.

The results show that differences of word-association parameters depend upon semantic structure of concrete language, but not upon conditions of nowadays life. The semantic structure of language in turn depends upon conditions of cultural-historical evolution of a concrete nation.

SPATIAL REGULATION OF HUMAN INTERACTION: SOME CURRENT PROBLEMS

M.Heidmets

The purpose of this article is threefold - the analysis of human interaction problems which are studied by environmental psychology, discussion of some theoretical problems of the spatial regulation of human interaction and presenting preliminary data about primary territory research.

1. Environmental psychology and human interaction

Since the last decade there has been a rapid development of a new psychological discipline - environmental psychology which studies various aspects of man's interrelations with his direct environment. The growth of interest in the psychological problems of the human environment is greatly influenced by the essential changes in man's present physical setting. The urbanization, technification of the environment, development of means of communication have so reshaped the environment of humans that we can speak about a new, artificial environment, which man has created for himself and which in turn greatly influences his own behavior and mental processes.

One of the most essential influences on human beings from the new environment can be observed in the interaction processes. A life in present urban conditions is characterized, first of all, by an unprecedented spatial concentration of human beings, which objectively prepares new conditions for human relations. A man has nearly permanent exposure and physical closeness to the others, he frequently lacks the possibility to be out of contacts, his mobility has risen extremely which results in growing number of casual relations between people etc. The psychological influence of these factors is stressed by many authors / Baranov, 1972 ; Kon, 1974; Parygin, 1976/. The frequent conclusion is that these new factors have changed the essence of human interaction. The relations became more formal and superficial, often there may exist tendencies to avoid direct contacts or a preference for mediated forms of interactions, a general standardization of human interactions, man becomes withdrawn and uncommunicative. Thus, the urbanization process is

contradictory in some respect - its counter-effect to the human interaction process is not always positive. The problem of human interactions has become an important social problem, and that has determined the increase in attention to these problems by the psychological and social sciences. The intensive study of human interaction problems (in connection its environmental conditions) in environmental psychology is one expression of this.

Traditionally, the problems of human interaction have been in the field of interests of social psychology. Most attention in social psychological approach has been paid to the various problems of the content of human relations (attitudes, sociometrical relations etc.). Now, together with the rise of urban problems, more and more research interests are turned to the quantitative characteristics of the human interactions to the problems of form and intensity of human contacts. This new aspect of human interaction can be characterized by the following parametres:

- duration of contact (time, permanency)
- strenght of contact (spatial closeness)
- number of partners (dyad, triad, group, mass)
- number of modalities which take part in contact establishment (visual, tactile, olfactory etc.).

In general we can define this side of human interaction as the intensity of social contacts. Social psychology has paid relatively little attention to these problems of human contacts although the intensity of contacts is more essentially influenced by new (spatial) conditions of the urbanized environment. Thus, it is natural that the interests of environmental psychology in the area of human interactions are mostly concentrated on the problems of intensity of human contacts. A great part of studies in environmental psychology is directed to the various spatial forms of contact intensity regulation (distance, personal space, territoriality); or to the impact of crowding to the humans (a state of overcontactness); or to the processes to optimization of general intensity of contacts (privacy - regulation). /Ittelson, Proshansky, Rivlin, Winkel, 1974; Altman, 1975; Stokols, 1977/. Thus, we can say that environmental psychology has extended the social-psychological treatment of human interaction, adding some quantitative aspects to that and has

begun to study interaction processes in environmental context. Together with widening approach, the possibilities to solve practical problems of human interaction in urban environment have become greater.

2. Intensity of social contacts

From the previous psychological research we can note three circumstances, which to some extent have demonstrated the importance of this parametre:

- some psychological studies indicate that the only fact of existence of social contact may influence person's behavior and psychical state. Such influence may be positive as well as negative (to raise or to decrease the effectiveness of person's activity) /Olshansky, 1975, p. 227; Parygin, 1971, p. 213-216/.

- the temporary absence of social contact (i.e. social isolation) has a strongly negative impact on a human being, it disturbs his mental state as well as his behavior /Gurovski, 1966, p. 448-450/.

- the other extreme condition of contactness, the very intensive, temporary, frequent contact with the others has the same negative impact. A special research area has been formed for studying the psychological problems of high level contacts - research about crowding phenomenon. The negative impact of crowding (formation of syndrome of crowding stress) has been demonstrated in animal populations, as well as in human society /Calhoun, 1962; Stokols, 1972/.

Probably the most important circumstance for growing interest towards the problems of contact intensity is the conclusion that the intensity of interpersonal contacts is an object of permanent regulation. In each situation man tries to establish some optimal of contact with others, i.e. in some situations he tries to decrease it some situations tries to raise the intensity. Most important investigations in establishing and explaining this regulation principle are those by Hall and Sommer on spatial organization of human interaction and the ideas of Altman about privacy regulation /Hall, 1966; Sommer, 1969; Altman, 1975/.

This regulation process of contact intensity has two important features. At first, such regulation has optimization purposes. If we describe various levels of contact on a scale, from social isolation to crowding, we can say, that the

contact regulation designates a "movement" on this scale, establishing more or less intensive (optimal for a given situation) contact with others. Thus contact regulation processes are dialectical in their nature, establishing on equilibrium between personal openness and closeness (the dialectic nature of these processes has been stressed by Altman, 1975, p.22-25). We have reason to be of the opinion, that the impossibility to establish an optimal level of contact (highest or lowest contactness) is psychologically destructive for human beings.

The second feature of contact regulation is its connection with the conditions of man's physical environment. Many of its forms include organization of spatial environment. Regulating the contact by varying the distance between himself and the others or separate some space by creating a physical barrier are the most elementary of these forms.

Thus, the regulation of contact intensity is closely connected with the problems of human spatial environment (the problems which acquired actuality in urban conditions), and are essential for the whole area of human relations. Therefore, the point of view of environmental psychology associates an important aspect of human interactions with the environmental problems.

3. Territoriality

In the researches of last decades various forms of spatial organization of human interactions - such as distances, personal space, body orientation, territoriality have been profoundly described. As it is demonstrated by the excellent theoretical analyses of Altman /1975/ all these forms can be systematized from the point of view of regulation of interpersonal contacts or privacy regulation, i.e. all these spatial forms at the same time serve the function of contact intensity regulation. From the environmental point of view one of the most essential spatial forms of contact regulation is personalization of space or territory.

The most elementary form of personalized space is the so-called personal space. Sommer /1969, p.26/ defines it as "... an area with an invisible boundary surrounding the person's body into which intruders may not come". As many experimental studies of personal space demonstrate, man

feels uncomfortable if strangers intrude upon his personal space. /Evans, Howard, 1973/. The importance of such phenomenon is, that the space sphere around person's body may be seen as the first "part" of external environment with which man identifies himself, it is the elementary extension of his person (intrusion to personal space is considered as a breaking of persons inviolability).

If personal space is unfixed spatial extension of man (boundaries of it are marked only subjectively), the more developed form of space personalization - territoriality is already localized in environment, fixed and marked. Territoriality represents a phenomenon, where man personalizes some part of environment, establishes control over it, marks it in some way. The examples of such personalized territories may be home territory, cabinet, place in library etc. Personalization involves also identification with this place, in this perspective we may observe personalized territory as an extension of personal space (an unwanted intrusion to personalized territory is assessed also as breaking of inviolability of person). Both personal space and personalized territory are in their form spatial phenomena, but in their essence - social. Their functions are mostly social, one of the first of their social functions is the regulation of the intensity of contacts.

Succeedingly we will characterize the structure and functions of the personalized territories more thoroughly. At first the personalized territory can be characterized by two of its organizational principles:

- spatial organization of territory - the territory is localized in a certain environmental "point", as a rule it has to some extent physical separation from other environment (by various kind of physical barriers).

- social organization of territory - personalization always involves establishing of some norms of interaction in this territory (who, how, and when may come to this territory). The physically separated space may serve a function of contact regulation only if some social norms of interaction exist and are accepted in this territory.

Secondly, the personalized territory may be characterized by two behavioral characteristics:

- c o n t r o l over territory - the owner or subject of a territory has control over interactions in this territory . (The social organization of territory in essence means the system of norms which a subject of the territory can organize the contacts).

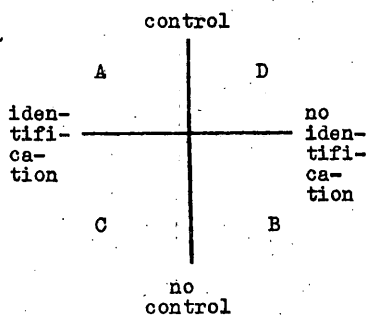
- i d e n t i f i c a t i o n with territory - a subject of a territory has a specifical (psychological) relation to this place, he takes this more or little as a part of himself. From such identification with the territory results also a special (positive) attitude towards this territory.

All these four parametres which characterized the personalized territory, can be scaled, which give us the possibility to differentiate some types of personalized territories. The most important, central type of personalized territory , as have been pointed out, is primary territory /Altman, 1975, p.112-114/. It can be characterized by our four parametres as having maximal physical separation and more strict norms of interaction, also stronger control and higher degree of identification. But we may also differentiate some other types of territories on the basis of only some of these parametres. May be the parametres of control and identification are more interesting among these. For example, the following (hypothetical) types of territories can be developed by the degree of identification:

man's body terri- tory	personal space	home territory or personal zones in home (primary ter- ritory)	extensions of home: automo- bile summer- cottage allotment gar- den etc.	town	na- tive land
---------------------------------	-------------------	---	---	------	---------------------

If the number of territories, with whom man identifies himself, is relatively large, the control scale at the same time is shorter, if a territory becomes more "distant" from man also his x control over it becomes weaker.

Usually the relations between control and identification scales are linear, the more control over the territory the more identification. But in two types of territories the parallelity of control and identification is not valid. The possible situations of various relationships between control and identification are illustrated on the following scheme :



Situation A - identifica-tion and control take place, for example, for personal space and primary territory.

Situation B - no identifica-tion and control (for such places a person is indifferent to them).

Situation C - represents such territories a person identi-fies himself with, but has no control over them (city, state).

Situation D - a person has control, but does not identify him-self with the territory. For example this occurs in the case of formal control (a person must control a territory which he does not own).

A thorough psychological analyses of various types of territories is still ahead.

The functions of personalized territory can be divided into 2 classes - the so-called external and internal functions.

External functions. As we have mentioned before, the personalization of territories serves at first a function of optimization of interpersonal contacts for a single person or for a group. The basis of this function is the ability and possibility of an individual to control his contacts with others in personalized territory. This function has an independent importance as a compensatory mechanism of crowding.

Internal functions. Some authors have emphasized some deeper functions of space personalizing, which may be connected with the term "personal autonomy" (Ittelson et al., 1974, 157-160; Altman, 1975, p. 49). We support the opinion, that a person as a subject is a dialectical interrela-tion of personal autonomy and dependence from social environ-ment. The forms of contact regulation in this context can be viewed as one of the means by which a person achieves balance between autonomy and dependence, between internal and external control of his behavior. Having control over interactions in his personalized territory, a person establishes himself as an autonomous subject.

This function became more apparent in the conditions where persons could not have a personalized territory, particularly the primary territory. Comparing the situations in geriatric ward, where patients have or haven't a personal room (expressed primary territory), DeLong /1968, 23-24/ presents following interesting observations:

- private rooms increase cooperation, social interaction, patients from private rooms are more active generally.
- in multiple-occupancy rooms patients spend most of the day in their rooms, and establish territories in corridors which they aggressively defended against intruders.

Many other investigations also confirm the dialectic nature of personal openness-closeness. If a person must be in permanent spatial contact with the others, he tries to escape from or to compensate for such a situation. Such compensation may occur in various forms beside spatial forms, for example permanent physical contact is often compensated by psychological reticence, as it was demonstrated by Altman /1977/ analyzing the ethnological data.

Thus, we may draw the conclusion that the regulation of contact intensity between human beings is a complex process, involving spatial, social and psychological mechanisms. Good human relations may occur only when functioning of all these mechanisms among others the functioning of abovementioned spatial forms is granted.

4. Some empirical studies of functions of primary territory

During 1974-1977 we have done a complex research of psychological and social problems of home environment, where also the territorial behavior was specially studied. 637 families from two-three and four room apartments' were interviewed. For every member of these families the type of their personal zone in apartment was fixed. The personal zone was characterized by two measures:

its physical separation from the remaining part of the apartment (a member of the family has a personal room; a personal zone in the family room; or he hasn't a personalized territory).

its social closeness (other members of the family don't use this zone; the others sometimes use this zone; the others often use this zone).

In our opinion, such personalized zone in home territory is most central for the individual, and can be viewed as primary territory of a single person.

We have set up some hypothesis about the functions of this type of (primary) territory for an individual. We will examine 4 of them in this article.

Hypotheses 1. If it is (physically) possible, personal zones in an apartment are fixed. I.e. if there are more rooms in an apartment, the fixation of personal zones is more common. (If possible, the family relations are spatially fixed). We also assumed, that adult members of family tend to fix their personal zones more than children or grandparents.

Hypotheses 2. If there are more fixed personal zones (more physically separated and socially closed), then interrelationships in the family are more positive. This hypothesis is based on the treatment of dialectic nature of interpersonal contacts. We assume, that if the members of the family are in permanent inevitable contacts (if there are no fixed personal zones then their relations are more conflictive, their assessment of each other more negative). The productive relations may occur only in the presence of possibilities for individual separation.

Hypotheses 3. If the personal zones for the members of the family are more fixed, the so-called whole family's type of activities* occur more often. This hypothesis is based on the same ground as the previous one. If the members of the family must be permanently in contact situations (personal zones are lowly developed), they don't prefer collective forms for their activities. We assume, that the forced spatial contact makes the tendency for psychological reticence as a compensatory reaction.

* In the research the forms of every kind of family activities were measured whether it is carried out individually (each member of the family did it individually), by groups (some members of the family did it together), or by the whole family (the whole family did it together). The criterion for a group or for the whole type of activities was not spatial (being at one room) but social (doing something together),

Hypotheses 4. If the personal zones are more fixed the person's activities are more connected with home and the evaluation of home is more positive. This hypothesis is based on the idea of primary territory as the most identified territory. The more fixed the personal zones are, the more these zones serve as primary territories, and the more a person identifies himself with this place.

Followingly we will present the results of this research from the point of view of the raised hypotheses.

The following table indicates, how was the fixation of personal zones distributed in various types of apartments.

TABLE 1 . Per cent of families having personal zones in various types of apartments

	two-room apartment	three-room apartment	four-room apartment
Father's zone	50	72	87
Mother's zone	45	69	73
Son's (daughter's) zone	81	94	99
Grandparent's zone	67	88	91

Indeed, in an apartment with more room the space personalization is more spread. If there appears a possibility of social organization of home territory, this occurs in the majority of families (but not in all of them). The second part of the first hypotheses is not supported - just the children and the grandparents have more often their personal zones, and their zones appeared to be more fixed (more separated physically and closed socially), then the zones of the father and the mother.

The interrelations among the family members we could assess indirectly: we measured the judgements of the adult members in each family of how frequently the other members of the family disturbed them with their activities (scale: frequently disturbed, disturbed sometimes didn't disturb). Statistically significant differences become apparent between families, where a child (grandparent) has his own room; or has a personal zone in family room or hasn't a personalized zone of his own. At the following table are given data about the amount of the families, where the activities of children or grandparents were assessed as disturbing.

We examined the families with children from 7- to 17 years of age.

TABLE 2 . Per cent of families, where the activities of a member was assessed as disturbing

Child, who has ...		Grandparent, who has ...	
... a personal room	22	... a personal room	6
... a personal zone in the family room	44	... a personal zone in the family room	18
... no personalized zone	54	... no personalized zone	39

On the basis of the relations between adults and children and between adults and grandparents we can draw the conclusion that the more personalized the zones of children and grandparents are, the more positive are their relations with adults.

The third hypothesis has been supported too. If the zones of the members of the family are more fixed, activities together with the whole family and particularly with the groups occur more frequently. The families with nonfixed zones prefer the individual types of activities.

In the interview there was fixed for every observed type of activity (we examine 26 kinds of activities) its real and desirable localization (at home or out of home at various catering enterprises). It appears that if the personal zones at home were more fixed, home was more frequently used as a place of activity and also the preference of home as the desirable location was higher. Statistically significant were the differences between zones for children and grandparents, frequency of home activities for the adults and their desires don't depend on the type of their zones. The results for children and grandparents are given in Table 3.

These were only the preliminary results of this study, some other aspects of home territorial behavior are currently analyzed. From this and some others studies we can conclude that the actual physical environment possesses important social and psychological functions for man. Thus, reshaping the environment is not only technological or economical, but first of all a social problem, all consequences of which to human being we can't foresee today. And if we set a goal to find the ways of interrelations optimization of man and his environment, then in this task environmental psy-

chology has a essential role to play.

TABLE 3. Average frequency of home preference for real and desirable location for activities

	Average frequency real activities (significance level p 0,05)*	Average frequency of desirable "home" activities (significance level p 0,05)
Child, having ...		
... a personal room	2,79 [±] 0,14	4,16 [±] 0,10
... a personal zone in the family room	2,33 [±] 0,23	3,98 [±] 0,17
... no persona- lized zone	1,90 [±] 0,21	3,45 [±] 0,31
Grandparent, having ...		
... a personal room	2,28 [±] 0,14	2,85 [±] 0,16
... a personal zone in the family room	1,96 [±] 0,09	2,52 [±] 0,07
... no personalized zone	1,75 [±] 0,10	2,47 [±] 0,21
* For the measurement of frequency we used 6 item scale		

REFERENCES

- Altman, I. (1975). The Environment and Social Behavior. Privacy. Personal Space. Territory. Crowding. Brooks/Cole Publishing Company. Monterey, California.
- Altman, I. (1977). Privacy Regulation: Culturally Universal or Culturally Specific? Journal of Social Issues (in press).
- Calhoun, J. (1962). Population density and social pathology "Scientific American", Vol. 206, No. 2, pp. 139-148.
- DeLong, A. (1968). The Administrator and the Environmental Language of the Older Person. Directions' 68: AAHA Report No. 6.

- Evans, G., Howard, R. (1973). Personal space. "Psychological Bulletin", 80.4. 334-344.
- Hall, E. (1966). The Hidden Dimension. Doubleday & Co, Inc. New York.
- Ittelson, W., Proshansky, H., Rivlin, L., Winkel, G. (1974). An Introduction to Environmental Psychology. Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Sommer, R. (1969). Personal Space. The Behavioral Basis of Design. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.Y.
- Stokols, D. (1972). A social-psychological model of human crowding phenomena. "Journal of American Institute of Planners" 38, 72-84.
- Stokols, D. (1977) (ed.). Perspectives on Environment and Behavior. Theory, Research and Applications. Plenum Press. New York and London.
- Baranov A.B. Баранов А.В. (1972). Человек в городе. В сб.: "Духовное становление личности". Л.
- Gurovski, N.N. Гуровский, Н.Н. (1966). Специальная подготовка космонавтов в кн.: Космическая биология и медицина. М.
- Kon, I.S. Кон, И.С. (1974). Научно-техническая революция и проблемы межличностного общения. В сб.: Идеологические проблемы научно-технической революции. М.
- Olshansky, V.B. (1975). Ольшанский В.Б. Межличностные отношения. В кн.: Социальная психология (под ред. Г.П. Предвечного и Ю.А. Шерковина). Изд. полит. лит. М.
- Parygin, B.D. Парыгин Б.Д. (1971). Основы социально-психологической теории. "Мысль". М.
- Parygin, B.D. Парыгин, Б.Д. (1976). Научно-техническая революция и социальная психология. "Знание", Л.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ОБЩЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

М. Хейдметс

Р е з ю м е

В статье дается анализ точки зрения на межличностные отношения новой области психологического исследования — психологии среды. Изучаются различные формы регуляции межличностных контактов. Наиболее существенной формой регуляции интенсивности контакта является персонализация территории (или территориальность).

В конце статьи приводятся данные исследования о функциях первичной территории.

RECOGNITION OF FACIAL EXPRESSIONS: AN EXPERIMENTAL
INVESTIGATION OF EKMAN'S MODEL

T. Nitt J.Valsiner

The understanding of how facial expressions of emotion are recognized is an old problem, dating back in scientific literature to Darwin (1872) and his contemporaries (Bell, Piderit, etc.). However, only over a century after Darwin the problem seems to have acquired the necessary experimental rigour and some important results have been achieved in this field (Ekman, Friesen & Ellsworth, 1972; Ekman, 1973).

One of the most outstanding recent findings on the recognition of facial expressions of emotions is the existence of cross-cultural universals in the recognition of primary emotions (happiness, sadness, anger, fear, surprise, disgust/contempt) /Ekman, Sorenson & Friesen, 1969; Ekman & Friesen, 1971; Ekman, 1972; Ekman, Friesen & Ellsworth, 1972; Ekman, 1973(a); Ekman & Friesen, 1975/. These findings on universals in recognition are paralleled by the establishment of universals in expression either by ethological observations /Eibl-Eibesfeldt, 1970/ or by experiments in situations where the subjects were relatively free of social control (watching stress films by the Japanese and the Americans) /Ekman, 1972/. These findings have served as the basis for Paul Ekman in introducing his "neuro-cultural theory of emotion" /Ekman & Friesen, 1969; Ekman, 1972, 1973(a)/.

The theory is quite simple and is directed to overcome the old controversy between psychologically minded and anthropologically minded investigators. Anthropologists observe behaviour and expressions in the context of a given culture, and as they often are guided by the idea that all possible cultures in the world are unique and possess no commonalities, they tend to emphasize the variety of expressions in various cultures in response to seemingly invariable life situations. Psychologically minded investigators try to discover the commonalities that exist among cultures and often leave aside viewing all the complexities of the observable phenomena and use experimental techniques

which fully observe the demands of "correctness" in investigation. As they are not biased towards regarding each culture as "unique", they just emphasize the common features that exist in expression/recognition of facial expressions of emotion in different areas of the world. Ekman's model actually insists that both viewpoints are right from their different bases. Ekman's model consists of the following functional blocks:

1) affect antecedents: environment, expectations, memory, etc.

2) pancultural affect "program": there exist 6 different facial muscle configuration "programs", for each primary emotion - happiness, anger, sadness, disgust surprise and fear.

3) display rules: culturally unique prescriptions, which guard the subject of a given culture and past experiences to amplify, de-amplify, neutralize or mask the "affect program" activated by a certain event in the affect antecedents.

4) the interaction of facial affect "programs" and "display rules" define the actual observable facial expression of emotions, which by their presence in the situation ...

5)... result in some consequences in the given cultural conditions /Ekman & Friesen, 1969, p.74/.

According to this model, the insistence of anthropologists that facial expressions of emotion are unique is connected with the fact that they as a rule observe expressions covered by the effect of display rules. On the other hand, when the effect of display rules is reduced in the experimental situation of watching stress films in laboratory situations /Ekman, 1972/, the common features in expression (presumably overwhelmingly governed by the "facial affect program") are explicable.

One of the basic assumptions underlining the concept of "facial affect programs" is the essential connection between the results achieved in cross-cultural experiments on recognition of posed emotion photographs and the expression of display-rule-free emotional expressions. As Ekman, Friesen and Ellsworth /1972, p.167/ put

it: "Our view is that posed facial behaviour is similar to, if perhaps an exaggeration of, those spontaneous facial behaviours which are shown when the display rules to deintensify or mask emotion are not applied. Posed behaviour is thus an approximation of the facial behaviour which spontaneously occurs when people are making little attempt to manage the facial appearance associated with intense emotion". Since the facial expressions of the 6 primary emotions are recognized similarly in various cultures, as has been found by many investigators, there apparently are 6 or more main "Facial affect programs". Apart from the studies on recognition of facial expressions, exact evidence on the adequacy of the model is still rather scanty. Besides the above mentioned Japanese-American study on spontaneous facial expressions /Ekman, 1972/, the discovery of micromomentary facial expressions /Haggard & Isaacs, 1966/ should be emphasized. It appeared that the facial expressions of a subject immediately after the stimulus presentation are essentially different from those later on. This finding might be interpreted as proving the existence of affect programs and display rules that are temporally different functional units in facial expressions; the stimulus activates some facial affect program, which after a short time-delay is qualitatively changed by display rules.

The lack of experimental evidence is the main obstacle in preventing the above mentioned model from becoming more exact and effective in dealing with the emotion expression data. How are the main facial affect programs related to one another? How do various display rules influence the people in various situations? What are the cross-cultural similarities and differences in the display rules in different situations? Those and other problems were raised by us at the beginning of this research project.

The present study is devoted to two tasks. First, we wanted to get extra evidence on the existence of cross-cultural universals in the recognition of facial expressions in Estonian and Kirghizian cultures. Second, we made an attempt to study the influence of display rules in those two cultures.

The first task was essentially the replication of the usual cross-cultural recognition invariance studies, using the judgement methodology /see Ekman, Friesen & Ellsworth, 1972/. There were some minor differences in our method of studying

the judgements of the subjects as to which emotion categories are expressed in the stimulus photograph. The traditional judgement methods in cross-cultural research may be doubted on the grounds that the dictionary-based emotion-category translations might not be adequate because their interrelations inside the compared cultures might differ. Although some evidence contradicts the above and proves the adequacy of traditional judgement methods /Chikvishvili, Valisiner & Iasn, 1976/ by comparing experimentally these interrelations in two languages - Georgian and Estonian-, some complementary evidence on the universals of recognition has still to be obtained by alternative methods. We selected a free classification of facial expression photographs, as suggested by Stringer /1967, 1968, 1973/, as an alternative. Furthermore, using the classification method cross-culturally seems to be a new development, and a prospective one, since it allows hierarchies of emotional expressions to be compared in different cultures. If the emotion photographs are carefully measured as to their emotional content, classification methods can give evidence about the relations of emotion categories (facial affect programs). This kind of information is not obtainable by the traditional judgement paradigms. The possibility of comparing these relations is especially appealing from the cross-cultural perspective.

The second task was the study of the influence of situation knowledge on the rating of facial expression photographs as well as choices of photographs according to situations. To make the differences that we obtain from the same subject in rating the same photograph in two conditions - when no information is given about the possible situation where the expression is photographed, or when a verbal description of the situation was given along with the photograph - could be taken as quantitative indices of the influence of display rules. The study of photograph choices according to situation seemed to make it possible to compare different situations between themselves on the basis of the display rules (see more thorough analysis below).

Experiment I

The first experiment was devoted to studying the similarity and differences in facial expression recognition among Estonians and Kirghizians by the use of the traditional judgement paradigm.

M e t h o d. The subjects were presented (in groups) with facial expression photographs (35 expressing pure emotions, and 7 blends, as measured by FAST /Ekman, Friesen & Tomkins, 1971/, which were presented in Ekman & Friesen /1975 , Appendix II /). Those were to be judged as to which emotion category was present in the photograph. The subjects were given lists with 7 emotion categories (happiness, sadness , anger, fear, surprise, disgust, contempt) in their native language (Estonian and Kirghizian) and were required to write the number of the presented stimulus after right emotion category. If there seemed to be more than one emotion in the photograph, the subjects were to note both, marking with A the more evident and with B the less evident category.

S u b j e c t s. 80 Kirghizian students and pre-university course members who have mostly come from far-off districts and know Russian poorly. The sample was heavily weighted with females (there were 18 men and 62 women in the Kirghizian group; mean age 17.7 years, range 16-21 years). In the Estonian group, 70 students (28 men, 42 women; with an age range of 16-17, mean age 16.8 years) took part in the experiment. They were all inhabitants of an approximately 100,000-population university town (Tartu).

R e s u l t s . The percentages of correct emotion recognition in both groups are given in Table 1.

As can be seen, the recognition of happiness, sadness and disgust is similar in both groups. Kirghizians are apt to confuse anger expressions with contempt. This is not present in the Estonian group, and makes the difference between groups in recognition of anger photographs highly significant (77.7% in the Estonian group, 47.2% in the Kirghizian group; $t = 9.12$; $p < 0.001$, $t_{gt} = 3.29$; $df = \infty$). There are statistically significant differences between the percentages of recognition of fear (Estonians 60.2%, Kirghizians 51.3%; $t = 2.63$; $p < 0.01$, $t_{gt} = 2.58$; $df = \infty$), surprise (Estonians 82.5%, Kirghizians 71.3%; $t = 4.05$, $p < 0.001$), con-

tempt (Estonians 67.9%, Kirghizians 33.9%; $t = 6.83, p < 0.001$). Among the significant culturally different tendencies, the following could be mentioned: fear expressions are significantly more often judged as expressions of disgust among Estonians (Estonians 11.7%, Kirghizians 4.3%; $t = 4.06, p < 0.001$), whereas Kirghizians judge fear expressions significantly more often as expressions of contempt (Estonians 3.8%, Kirghizians 12.2%; $t = 4.76, p < 0.001$); surprise is more frequently confused with fear in the Kirghizian group (24.8%, Estonians 11.8%; $t = 5.24, p < 0.001$); contempt is more frequently judged to be disgust in the Kirghizian group (41.3%, Estonians 18.6%; $t = 4.45, p < 0.001$) as well as sadness (11.2%, Estonians 0.7%; $t = 4.03, p < 0.001$). In the Kirghizian group, photographs of contempt are equally judged to be contempt and disgust (33.9% and 41.3%), whereas disgust photographs are recognized as overwhelmingly disgust (86%). Estonians recognize both disgust and contempt expressions accurately and in neither case confuse them with each other.

D i s c u s s i o n. As we can see, although there exist some differences in the percentages with which the two cultures recognize some emotional expressions and in the ways they confuse them with one another; in general the recognition of emotion from the faces was not a random labelling process and in most cases it was done analogously to other studied cultures /see Ekman, Friesen & Ellsworth, 1972, p.206/. Therefore, we could conclude that our results confirm the hypothesis of invariable facial expression recognition in the two groups studied.

E x p e r i m e n t I I

Since the traditional judgement paradigm allows the discovery of the percentages of c o r r e c t recognition of facial expressions in two groups and provides an opportunity to compare these with one another, it ignores the possible cross-cultural differences in the interrelations between various emotion categories. Furthermore, as we argued above, it might be biased by the verbal nature of the emotion category labels. Therefore, an attempt seemed necessary to use an alternative, less verbally-weighted method alongside the judgement paradigm. We used the free grouping technique of previously measured facial expression photographs as such an alternative /see Stringer, 1967, 1968, 1973/.

M e t h o d. The subjects were presented individually a set of 28 facial expression photographs and asked to classify them into groups on the basis of their similarities - they should place only those photographs that they considered similar into one group. The number of photographs in a group and the number of groups was not limited, and the subjects were instructed to make as many groups as they considered necessary with any number of photographs in any group. The instruction in the Estonian group was given orally in Estonian by a native speaker of the language (the researcher). The instruction in the Kirghizian group was given in written form in Kirghizian, and in addition orally in Russian.

S u b j e c t s. In the Kirghizian group, 49 persons (19 men and 30 women) served as the subjects. They were students in junior university courses and students of secondary school in a provincial town Naryn (10th grade). In the Estonian group, the 49 subjects (22 men and 27 women) were university students. The mean age of the Kirghizian subjects was 19.4 years (range 16-24), of the Estonian subjects 21.4 years (range 18-31).

R e s u l t s. The Estonian subjects divided the photographs into from 5 to 18 groups ($\bar{x} = 11.4$), 1-11 pictures in each. In the Kirghizian group the corresponding figures were 4-15, ($\bar{x} = 9.22$) and 1-9. The resulting groupings given by the subjects on the basis of the similarities of the expressions were subjected to cluster analysis separately in the Estonian and Kirghizian groups. Accidentally one photograph (No. 12) was missing from the set presented in Kirghizia. The numbers in the figures and tables correspond to the numbers of photographs in Ekman and Friesen /1975, Appendix II/. From the matrices of distances between the emotion photographs used

, clusters can be extracted by two different methods /Johnson, 1967/:

- 1) clusters can be defined so that each element in a cluster has to be at or below the determining distance from only one other element in the same cluster;
- 2) clusters can be determined in such a way that the elements in any cluster have their all-mutual distances below a certain level. Both kinds of analyses were performed (Figures 1, 2, 3, 4). In addition, since it was found that the categorization of blends is significant as to differences in two experimen-

tal groups, they were eliminated from the analysis and the "tree" - the graph of the hierarchical organization of clusters in two groups was made using the second way of defining clusters (Figure 5).

As can be seen in Figures 1 and 2, where the clusters are defined in the more powerful way, happiness, sadness and neutral expressions remain separate clusters in both cultures. Anger and disgust, as well as fear and surprise come together at lower level of the "trees" than the other expressions. Differences can be seen cross-culturally in the clustering of blends. In the Kirghizian group, happiness/surprise blends cluster together with surprise photograph and fear/surprise blends with another surprise photograph. In the Estonian group, happiness/surprise blends are also grouped together with surprise, but fear/surprise blends are grouped together with fear photographs.

Figures 3 and 4 show the "trees" in cases when the clusters are defined by each element being at or below the determining distance from only one other element in the same cluster. It can be seen that photographs expressing one emotion cluster together. Blends cluster together with one of their component expressions. All emotions except happiness cluster together earlier, and finally they cluster together with happiness. It was hypothesized that the way the clusters were defined in this case determines the ambiguous role of blends - clustering together with some blends may connect a given photograph to another pure emotion via that blend. To eliminate this, the "trees" were constructed when the blends were not taken into account (Figure 5).

As can be seen, in both cultures surprise and fear, sadness and neutral, anger and disgust clustered together. In the Estonian group, surprise and fear are first connected with sadness and neutral, and joined on a higher level by an anger and disgust cluster. In the Kirghizian group, sadness-neutral and anger-disgust clusters join together earlier than they are connected with surprise-fear. Happiness remains in both cases separate up to the highest level of clustering.

D i s c u s s i o n . As can be seen from this experiment, just as in the case of the judgement paradigm, so here do the two cultures categorize expression photographs in essentially the same way. In the present experiment, too, some minor cross-

cultural differences appeared. But these seem too minimal to cast doubt on the cross-cultural invariability of emotion expression recognition and categorization in these two cultures.

There does exist a significant problem in deciding how to interpret the cluster analysis "trees". Here, we just assume that they reveal the general structure of expression categorization implicit in the given cultures, with no assumptions of the hierarchical structure representing the process of emotional expression recognition /Frijda, 1970, p.247/. The essential similarity of structures of two different cultures of expression categorization are sound evidence favouring cross-cultural universals in the recognition of emotional expressions.

Experiment III

The third experiment was designed as an attempt to study the influence of display rules in the two experimental groups studied. It was hypothesized that knowledge of the situation in which the photographs presented were supposedly taken would activate display rules in the subjects, and that due to these activated display rules the subjects would rate the emotion expression photographs differently than when they rated them without any knowledge of the situation. The value and sign of that shift in ratings could, as we hypothesized, characterize the influence of display rules in the given experimental group. A somewhat analogous experimental paradigm was used by Watson /1972/ who was interested in the role of contextual and facial cues in emotional expression ratings.

M e t h o d. Groups of subjects were presented with 40 photographs of emotional expressions twice: first with no situational information, and secondly with a verbal description of the situation where the photograph could have been taken. The verbal description was given by a sentence projected on the same screen with the photograph. The subjects were to (1) judge, which emotion(s) were present in each photograph, an (2) to rate the intensity of each of the present emotions on a 10-point scale, with 0-minimum intensity, 10 - maximum intensity. In addition, when rating the expressions in the context of a given situation, the subjects were required to rate the possibility of the given photograph being taken in the given situation on a similar 10-point scale, with

0-minimum possibility, 10-maximum possibility. This was necessary because we needed some index of probability of the co-occurrence on these contextual cues with the photographs, since in the experimental presentation they were combined at random.

Four situations were used in both experimental groups, each with 10 different emotion photographs. The selection of situations in the Kirghizian group was based partly on local cultural peculiarities. The situations in the Kirghizian group were:

- 1) He has lost someone dear to him;
- 2) Kidnapping of the bride;
- 3) He meets an acquaintance in the street;
- 4) He meets his mother and father.

The second situation is especially closely related to traditional Kirghizian culture - kidnapping of the bride was a highly significant element of it, an alternative means to "bride buying" from her parents. The expressions of emotions in this situation were also highly ritualized. The fourth situation was supposed to be also culturally weighted, taken the cult of parents and culturally prescribed honouring the parents. The first and the third situations were chosen to represent some more universal but presumably highly culturally reglemented situations.

In performing the study with the Estonian group, some situations had to be changed, and finally only the first situation remains analogous to the Kirghizian group. The situations in the Estonian group were:

- 1) He has lost somebody dear to him;
- 2) He is being attacked in the street;
- 3) Returning home from a lengthy vacation, he sees his dog, tail wagging, running to greet him;
- 4) He sees a group of boys smashing up his new car.

The situations 3 and 4 in the Estonian group are taken from Watson /1972, p.337/. The emotion photographs used in this experiment were taken from Ekman & Friesen /1975, pp.38-127/, and were measured as to their emotional expression according to Ekman and Friesen.

S u b j e c t s. In the Kirghizian group, 12 students (3 males, 9 females) took part (with mean age 20.9 years) in this experiment. The Estonian group consisted of 14 medical students (9 males, 5 females, mean age 20.0 years).

R e s u l t s. From the rating lists of each subject on the two occasions, shifts in the ratings of the same emotion photograph for each person were found. Mean shifts for each photograph were then computed. As the photographs were combined with the situations in a random way, it was necessary to eliminate the possible error in shifts due to discrepancies of photographs and situations. To achieve this, ratings of the probability of the given photograph's being taken in the given situation were analysed and used: the empirical probabilities (for example, the rating "9" was taken as probability .90) for each photograph were multiplied by the mean shift in the ratings of the photograph in two conditions. Then, the mean corrected shifts for the situations, abstracted from the photograph rated, were computed. The results are given in Table 2. The shifts in two experimental groups on Situation 1, the only directly comparable situation, are given in Figure 6.

As can be seen, adding a situation to the photographs brings with it positive shifts in sadness ratings both in the Kirghizian and Estonian groups, with significantly more increase in the Estonian group ($t = 3.46, p < 0.01; t_{95} = 2.98, df = 14$) as compared with the Kirghizian increase. At the same time happiness, fear, disgust and contempt ratings tend to decrease in both cultures.

D i s c u s s i o n. It is somewhat complicated to interpret these findings directly as differences in display rules in both cultures, since (1) only one situation was directly comparable cross-culturally, (2) the number of subjects and their sampling might not be representative of the two cultures studied. Besides, the idea that display rules influencing the expression of emotions, as Ekman's model argues, are in action in the r e c o g n i t i o n process should be proved experimentally, before any conclusion as to the present experimental paradigm's success in measuring these display rules could be reached. Therefore, the present study should be considered very preliminary as to new perspectives in the study of the display rules, a concept quite logical in Ekman's model, but difficult to study experimentally.

General Discussion

The three experiments reported in this study differ in their completeness. The first two, dealing with the way facial expressions are recognized and categorized by Estonian and Kirghizian experimental groups, give extra evidence in favour of cross-cultural universals in the recognition of emotion by category judgements /see review by Ekman, Friesen & Ellsworth, 1972; Ekman, 1973a/, and provide evidence of similarities in the categorization of facial expression in the (se) groups studied. The latter seems to be an original achievement of the present study - at least we have not come across reports that use the free grouping technique or hierarchical structures of clusters which result from it cross-culturally. The fact that both of the studied experimental groups in this study produced essentially analogous hierarchies of clusters in facial expression categorization gives great support to the idea that primary emotions are universal phenomena not only in the way how "correctly" they are recognized, but also how they are perceived, presumably without the influence of verbal decoding. Even if this verbal decoding in the free grouping technique was present (it is impossible to eliminate this possibility fully, since it is not controllable), it was probably present in different degrees in different subjects, and the categories of decoding should have been variable. Thus, application of this grouping technique cross-culturally and the prospects of finding hierarchies of categorization could be considered the greatest merit of this report. The findings of cluster analysis are paralleled by findings of the traditional judgement task, which emphasize the necessity to study one and the same phenomena by alternative methods at the same time. The third experiment is devoted to the influence of situational information on facial expression ratings and choices is of a preliminary nature, and serve to discover some methods of studying display rules of facial expressions in different cultures. Although there are a number of earlier studies devoted to the effect of situational information on the recognition of emotion /see Ekman, Friesen & Ellsworth, 1972, chap. XVIII/, there have not been attempts to connect with the display rules directly. In an attempt to do this here, we arrived at the problem of how adequately one can study display rules which apply in the expression of emotions by

methods based on the recognition of facial expressions. It is quite curious that this expression/recognition difference is not usually explicitly stated and has not been studied at all. However, it seems necessary to solve the problem if we wish to study display rules via rather unsophisticated methods using facial expression photographs. It has been argued here that some methods emphasizing more projectivity of the representatives of a given culture to the stimulus photographs could be used, but it needs to be proved by experimental demonstration that different cultures project themselves into the facial expression photographs to the same degree in general. This task is another complicated experimental problem.

On the whole, if display rules are to be studied via situation, some kind of preliminary procedure for sampling comparable situation objectively for the cultures studied should be used. The model for explaining expressions of emotions suggested by Ekman /Ekman & Friesen, 1969; Ekman, 1972/ still remains quite schematic due to the lack of experimental data about various parts of the model. Only the concept of facial affect programs so far is soundly based, mostly on data about how facial expressions of emotion are recognized. The present study provides some extra support for such previous data. As to display rules, they remain as schematic as before, our present study only explicates some possibilities in which directions these phenomena could be studied in the future.

REFERENCES

- Чхиквишвили Л., Вальсинер Я., Лашв М. Экспериментальное изучение взаимоотношений категорий эмоций. Труды по психологии V, Тарту, 1977. In press /Experimental investigation of the interrelations of emotions categories/.
- Darwin, C. The Expressions of the Emotions in Man and Animals. L., 1872.
- Eibl-Eibesfeldt, I. Ethology, the Biology of Behavior. N.Y., Holt, Rinehart & Winston, 1970.
- Ekman, P. Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. In J.K. Cole (Ed.), Nebraska Symposium on Motivation, 1971, Lincoln, 1972.
- Ekman, P. (Ed.) Darwin and Facial Expression: A Century of Research in Review. N.Y., Academic Press, 1973.

- Ekman, P. Cross-cultural studies of facial expression. In P. Ekman (Ed.) *Darwin and Facial Expression: A Century of Research in Review*. N.Y., Academic Press, 1973(a).
- Ekman, P. & Friesen, W.V. The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage and coding. *Semiotica*, 1969 (1), 49-98.
- Ekman, P. & Friesen, W.V. Constants across the cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1971, 17 (2), 124-129.
- Ekman, P. & Friesen, W.V. *Unmasking the Face*. Englewood-Cliffs, Prentice-Hall, 1975.
- Ekman, P., Friesen, W.V. & Ellsworth, P. *Emotion in the Human Face: Guidelines for Research and an Integration of Findings*. N.Y., Pergamon, 1972.
- Ekman, P., Friesen, W.V. & Tomkins, S.S. Facial Affect Scoring Technique: A first validity study. *Semiotica*, 1971, 3(1), 37-58.
- Ekman, P., Sorenson, R. & Friesen, W.V. Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science*, 1969, 164(3875), 86-88.
- Frijda, N.H. Emotion and recognition of emotion. In M. Arnold. (Ed.) *Feelings and Emotions*. N.Y., Academic Press, 1970.
- Haggard, E.A. & Isaacs, K.S. Micro-momentary Facial expressions as indicators of ego mechanisms in psychotherapy. In L.A. Gottschalk & A.H. Auerbach (Eds.) *Methods of Research in Psychotherapy*. N.Y., Appleton-Century-Crofts, 1966.
- Johnson, S.C. Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika*, 1967, 32, 241-254.
- Stringer, P. Cluster analysis of non-verbal judgements of facial expressions. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 1967, 20(1), 71-79.
- Stringer, P. Sequential proximity as the basis for similarity judgements of facial expressions. Unpublished manuscript, 1968.
- Stringer, P. Do dimensions have face validity? In M. von Grönach & I. Vine (Eds.) *Social Communication and Movement*. N.Y., Academic Press, 1973.
- Watson, S.G. Judgement of emotion from facial and contextual cue combinations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1972, 24, 3, 334-342.

CATEGORY	HAPPINESS		SADNESS		ANGER		FEAR		SURPRISE		DISGUST		CONTEMPT	
	EST	KIR	EST	KIR	EST	KIR	EST	KIR	EST	KIR	EST	KIR	EST	KIR
HAPPINESS	88.0	89.2	0.9	0	0	0	0.2	0.4	2.3	2.5	0.4	0	0.7	1.
SADNESS	0.2	5.2	84.7	89.2	8.0	16.5	10.9	10.9	1.2	0.2	0	0.4	0.7	11.
ANGER	1.7	1.2	2.5	2.1	77.7	47.2	8.0	10.0	0.5	0.6	0.4	2.4	12.1	9.
FEAR	0	0.4	0.4	2.5	2.0	3.7	60.2	51.3	11.8	24.8	0	0.8	0	1.
SURPRISE	3.6	2.1	0	1.8	0.8	1.8	5.2	9.8	82.5	71.3	0	0.4	0	1.
DISGUST	0	0.8	3.4	1.0	5.7	3.8	11.7	4.3	1.2	0.4	89.0	86.0	18.6	41.
CONTEMPT	6.5	1.1	8.1	3.4	5.8	27.0	3.8	12.2	0.5	0.2	10.2	10.0	67.9	33.

TABLE 1. Emotion expression recognition in the Estonian (Est) and Kirghizian (Kir) groups (in %s).
The emotion categories in the upper row characterize the emotional contents of photographs measured by FAST (Ekman & Friesen, 1975). The first column categories are the ones from the Subjects' answer lists, with percentages of their distributions in the two groups.

IN ESTONIA

	Ha	Sa	An	Fe	Su	Di	Co
SITUATION							
I	-0.477	+1.458	+0.345	-0.857	-0.387	-0.201	-0.078
II	-0.243	-0.983	+0.814	+0.494	-0.227	-0.331	+0.557
III	+0.762	+0.076	-0.025	-0.067	+0.276	-0.012	+0.129
IV	-0.108	+0.628	+1.209	-0.481	+0.077	+0.099	-0.176

IN KIRGHIZIA

	Ha	Sa	An	Fe	Su	Di	Co
SITUATION							
I	-0.011	+0.230	-0.128	-0.240	+0.014	-0.398	-0.125
II	+0.499	-0.112	-0.123	-0.097 ₀	+0.142	-0.106	+0.134
III	-0.050	-0.318	-0.098	-0.466	+0.379	+0.314	+0.152
IV	-0.138	+0.038	-0.007	-0.280	+0.027	+0.106	-0.061

TABLE 2. Differences in ratings of emotion photographs with and without situation description in the two experimental groups. (Ha=happiness; Sa=sadness; An=anger; Fe=fear; Su=surprise; Di=disgust; Co=contempt).

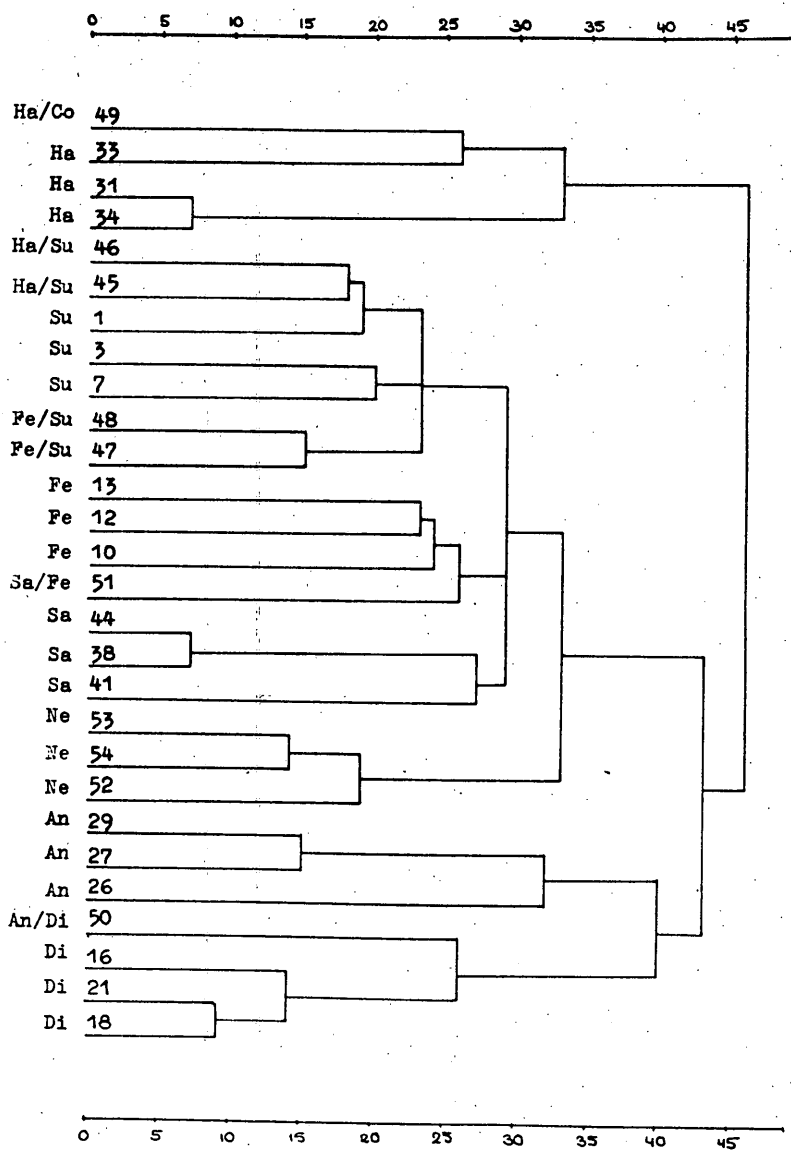


FIGURE 1. The tree graph of clusters of emotion expression recognition in the Estonian group (by the 2nd method of clustering). Ne=neutral).

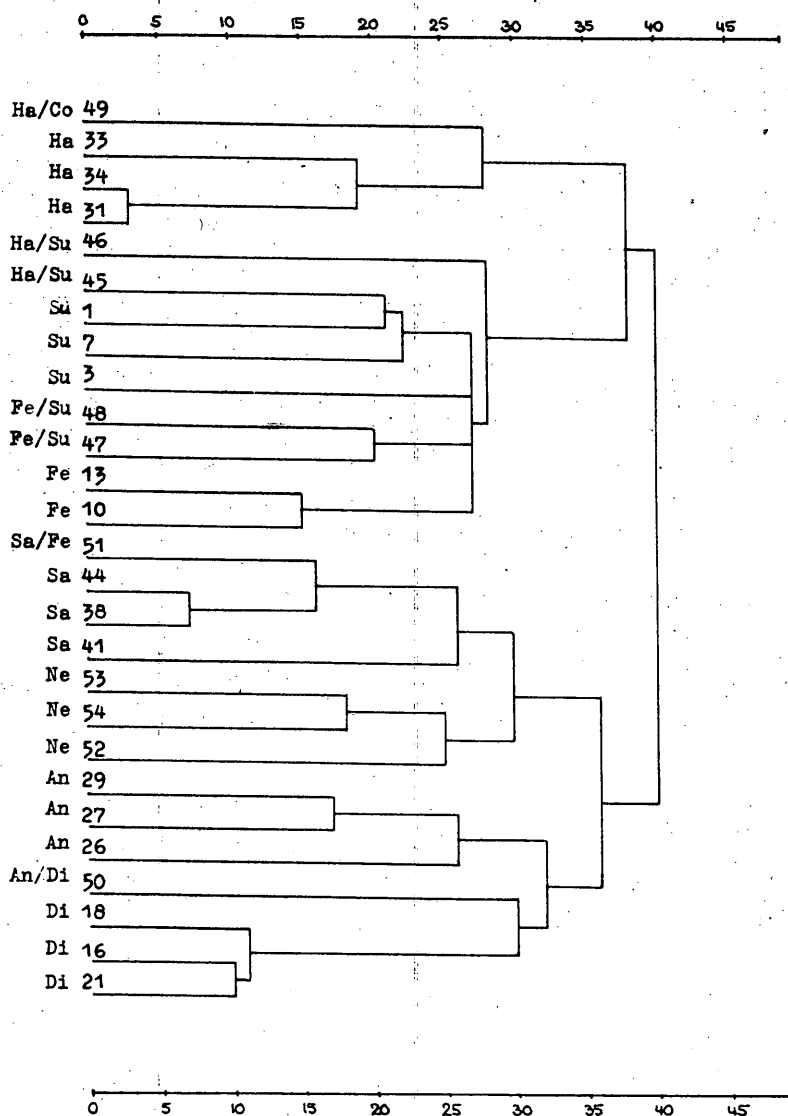


FIGURE 2. The tree graph of clusters of emotion expression recognition in the Kirghizian group (by the 2nd method of clustering)

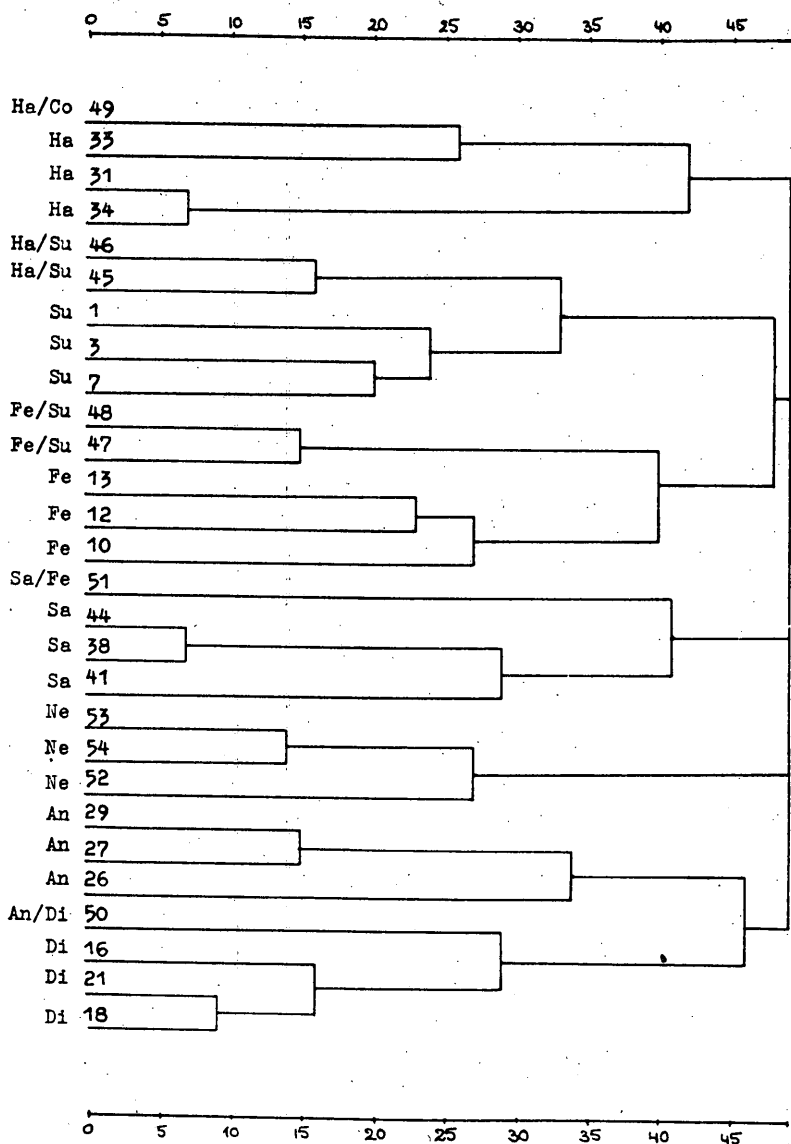


FIGURE 3. The tree graph of clusters of emotion expression recognition in the Estonian group (by the 1st method of clustering).

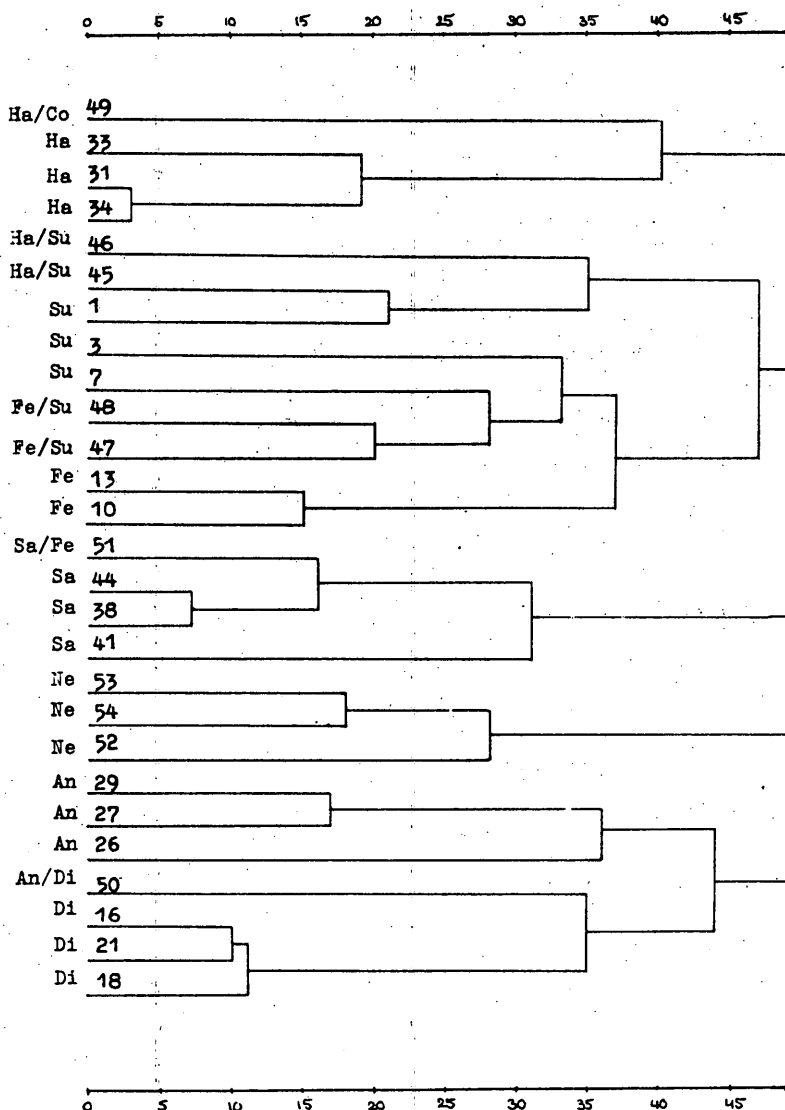


FIGURE 4. The tree graph of clusters of emotion expression recognition in the Kirghizian group (by the 1st method of clustering).

IN KIRGHIZIA

IN ESTONIA

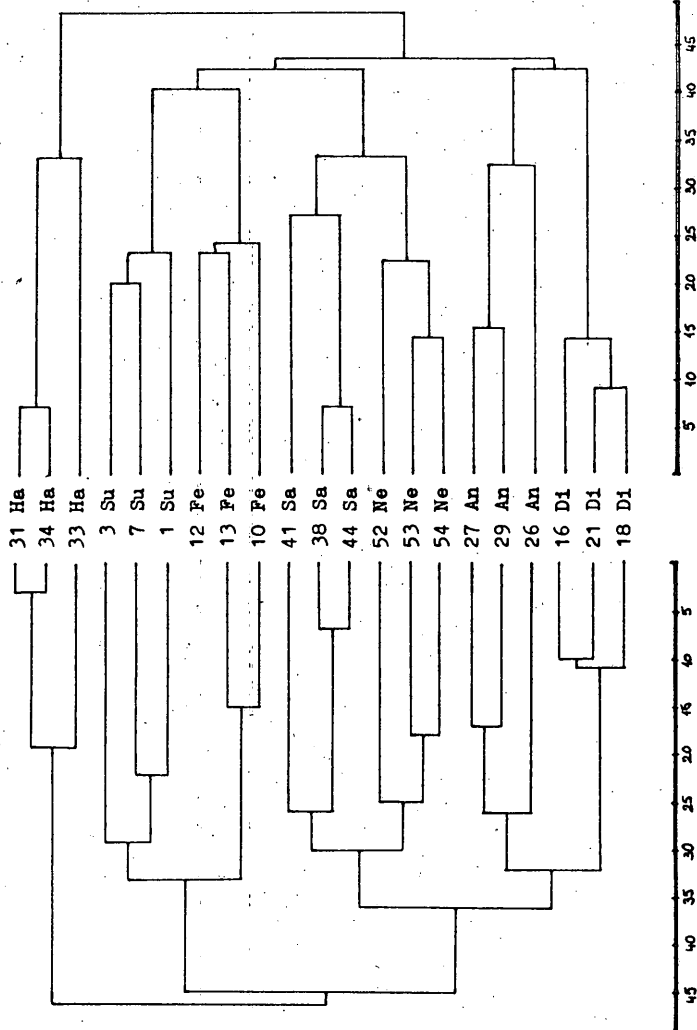
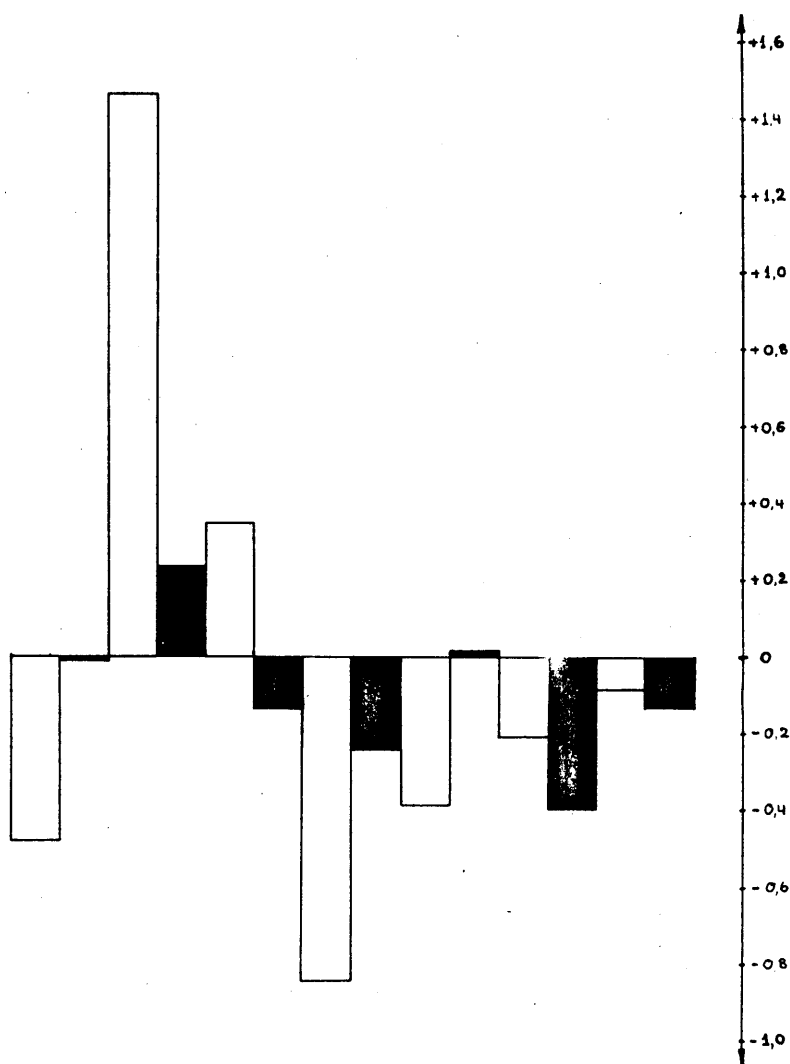


FIGURE 5. The tree graph of clusters in two experimental groups (by the 2nd method) in which the blends were not taken into account. (Ha=happiness; Sa=sadness; An=anger; Fe=fear; Su=surprise; D1=disgust; Co=contempt; Ne=neutral).



EST KIR EST KIR EST KIR EST KIR EST KIR EST KIR
 Happiness Sadness Anger Fear Surprise Disgust Contempt

FIGURE 6. Shifts in ratings in case of expression + situation in comparison to expression alone in both groups (Situation 1). EST - in the Estonian group; KIR - in the Kirchizian group.

РАСПОЗНАВАНИЕ ВЫРАЖЕНИЙ ЛИЦА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ЭКМАНА

Т.Нийт , Я. Вальсингер

Р е з ю м е

В статье приводятся данные, полученные в трех экспериментах по распознаванию выражений лица в отдельности и в связи с предъявленными жизненными эмоциональными ситуациями. Было выявлено, что распознавание выражений эмоций одинаковое как в эстонской группе испытуемых, так и в киргизской группе, что подтверждает гипотезу о наличии межкультурного инварианта в распознавании выражений лица. При оценивании выражений лица в связи с эмоциональными ситуациями были выявлены различия между группами испытуемых.

В статье обсуждается проблема правил предъявления эмоций, и другие составные части теории Экмана о выражении эмоций на человеческом лице.

DETECTION OF TEMPORAL PHASE BY DIRECTIONALLY SENSITIVE UNITS IN THE HUMAN VISUAL SYSTEM

J.Allik, M.Tepp, A. Livshits

1. I n t r o d u c t i o n

Asynchronous change in the luminance of the two disparate areas in the visual field is the most simple form of stimulation which gives rise to a visually perceived movement /Exner, 1875; Thorson, Lange and Biederman-Thorson, 1969/. The temporal phase between some features of the two temporally varying luminance contours activates the directionally sensitive units in the human visual system. As it is known from the responses of the directionally sensitive units to the threshold contrast, one subset of these units responds solely or predominantly to one direction of movement and does not respond to movement in the opposite direction at all. Consequently the same stimulus input is analysed by the two antisymmetric subsystems each of them tuned to a different sign of the temporal phase.

The directionally sensitive units, which are of primary interest in this study, are revealed by the ability to de-

test the smallest available temporal phase between two relatively short rectangular flashes. Vertical rectangular bars facing each other are flashed for the short time and the minimal temporal phase needed for a detection of the direction of the displacement is recorded. As the amplitude of the luminance transients greatly exceeds many times the threshold value, then the suprathreshold contrast response of the movement coding mechanism has been measured in this study. The subject is asked to match the perceived direction of the stimulus configuration displacement without notions about the subjective quality or "goodness" of the perceived movement. In this paper we have studied the minimal temporal phase measure in order to answer a question: in what way the directionally sensitive units are composed in the human visual system?

We should like give a reference to a previously published theses on the related experiments reported here /Allik et al., 1976/.

2. M e t h o d. Apparatus and stimulation. The stimulus patterns used in the experiments described in this paper are formed by the appropriate aperture on the face of the green solid state light emitters. The light emitters have an emission maximum at about 510 nm. The luminance of the flashes is estimated at about 5 nt. A three-channel mirror tachistoscope is used for the presenting of the stimuli on a black background. The modulating voltage of the stimuli is controlled by a programmed stimulator which gives out any requested duration and phase of stimuli, with a precision of 4% and with summation of the minimal time step. The temporal width of the time step is 2.5 ms. One channel of the stimulator is controlled continuously. The time intervals of this channel are monitored by a frequency-meter Ø-5080.

The spatial configuration of the stimuli is shown in Fig.1. From one to four closely spaced rectangular bars are presented for a short time. Each bar was 6.5 mm wide and 8.0 mm high, subtending 0.22° and 0.27° at a viewing distance of 172 cm. The stimuli are presented parafoveally in the upper part of the visual field. A light emitter diode is used as the fixation point at a distance of 50 mm below the principal stimuli, subtending 1.67° at the mentioned viewing distance. Let the bars from the left to right be named A, B, C and D. The duration of

all stimuli is constant and is equivalent to 60 ms during the whole session of the experiment. Let t_1, t_2, t_3 and t_4 represent the onset time of the stimuli A, B, C and D respectively. Now one can give a definition for the temporal phases f_1, f_2 and f_3 as $f_1 = t_1 - t_2$, $f_2 = t_2 - t_3$ and $f_3 = t_3 - t_4$. If the temporal phases have positive values, then the perceived displacement of the whole pattern to the right.

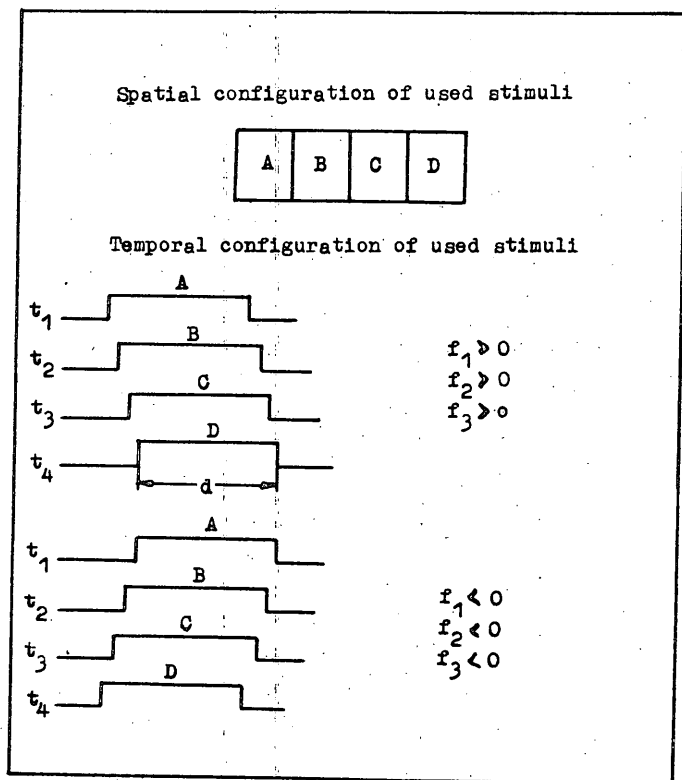


FIGURE 1. The spatial and temporal configuration of used stimuli. A, B, C, D : stimuli used in the experiments; t_1, t_2, t_3, t_4 : the onset time of the stimuli A, B, C, D respectively; f_1, f_2, f_3 : temporal phases of stimuli presentation, $f_1 = t_1 - t_2$, $f_2 = t_2 - t_3$, $f_3 = t_3 - t_4$.

One phase between two neighbours is smoothly controlled by the experimenter. Initially the stimuli are locked into the zero phase in order to eliminate any visible displacement. The phase threshold giving visible displacement to the right or to the left was determined by an adjustment procedure. The temporal phase is continuously increased or decreased from one test to another up to the time the threshold level is reached. The direction of the phase change is varied from trial to trial in random sequence, so that the subject lacks prior knowledge about the displacement direction. In some cases the initial position of the physical phases has not to be equal to zero. The subjective point of an equilibrium is determined by means of the subject's match.

Subjects. Four subjects were used. Two female, T.L. (23 years old) and M.P. (24 years old) were naive in respect to the experimental purposes. One female, M.T. (23 years old) and one male A.L. (20 years old) are the authors of this article. T.L., M.P., A.L. were well corrected myopes, M.T. had normal vision. All subjects have had many hours' practice in experiments of this kind.

Adaption to displacement. There are several similarities between the successive effects in the spatial-frequency, orientation and movement domains. Viewing a grating with specific spatial frequency, orientation and direction of movement for some time may cause several aftereffects. First, the detection threshold elevation is specific with respect to spatial frequency, orientation as well direction of movement. Second, after the adaptation subsequently viewed stimuli are distorted in their apparent spatial frequency, orientation and direction of movement. Third, the compound adapting pattern consisting of two or more separate components is much less effective as suprathreshold adapting stimuli than would be predicted from their effects viewed in isolation. This weakening of the adaptation effect is explained as an inhibitory interaction between sensory channels in spatial frequency, orientation or movement domain.

Two types of adaptation patterns were used in these experiments. First, two bars B and C were used as the adaptation pattern. The temporal asynchrony between B and C was $f_2 = +30$ ms (perceived displacement to the left) or $f_2 = -30$ ms (perceived displacement to the right). These temporal values were experi-

mentally selected as the most agreeable phase between onset of the two flashes for the detecting of the displacement by the subject. Second, three bars were presented. The temporal phases f_1 and f_2 between the stimuli A, B and C were chosen with the opposite sign so that the perceived displacement of the components was in the opposite direction. If $f_1 = +30$ ms, then $f_2 = -30$ ms, or vice versa: $f_1 = -30$ ms and $f_2 = +30$ ms. In the other words, the second adaptation condition was a sum of the two simple oppositely directed adaptation patterns. The adaptation period, in both cases, lasted for 60 s. Just after the adaptation period the subject matched the phase required for the detecting of the displacement to the right or left. Before and after the series with adaptation, control threshold matching was performed. The main results are presented in Table 1. The threshold values of f_2 in positive and negative directions are shown dependently on the adaptation conditions. The threshold elevation is significant only if the direction of the adapting and testing displacement is the same. Thus, as was to be expected, the adaptation is specific to the direction of movement: rightward movement elevates the thresholds to the right and leftward movement elevates the thresholds to the left leaving the opposite thresholds unchanged. As is shown (Table 1) by the one-way analyses of variance, the magnitude of the threshold elevation is highly significant. The threshold after the adaptation is twice compared with the control series. The adaptation to the compound pattern, sum of the two simple components, significantly elevates the temporal thresholds in both directions, except in the case of AL when the thresholds of the leftward displacement were not elevated significantly. The threshold elevation is remarkably reduced compared with the adaptation to the simple unidirectional pattern. t-test shows the existence of a significant difference between displacement thresholds of the two adaptation conditions. First, the difference between the mean values of the thresholds is significant on the level of probability $p = .05$ ($t = 4.7$, subject TL; $t = 2.7$, subject AL) for the leftward displacement-testing; and the same for the rightward testing $p = 0.5$ ($t = 2.0$, subject TL; $t = 1.1$, subject AL). Consequently, the adapting pattern, as a sum of two unidirectional adaptation patterns, is a much less effective adapting stimulus than its compo -

nents in isolation. One should keep in mind that the simple-pattern adaptation reveals the isolation between mechanisms coding the movement to the left and to the right. The adaptation to the movement in one direction does not affect the thresholds in the opposite direction. Similar results are found in the spatial frequency domain /Tolhurst, 1972/ and in the movement direction domain /Levinson, Sekuler, 1975/ although the near threshold contrast responses of the spatial frequency and movement detecting channels are measured in the papers referred to.

TABLE 1 .Magnitude of the threshold phases $+f_2$ (displacement to the left) and $-f_2$ (displacement to the right) in milliseconds for two subjects TL and AL dependently on the various conditions of adaptation. The means, standard deviations and the results of the one-way analyses of variance compared with the control series are presented

Subjects and thresholds	Control	Conditions of the adaptation			
		Simple pattern		Compound pattern	
		$+f_2$ (left)	$-f_2$ (right)	$-f_1+f_2$ or (left + right)	$+f_1-f_2$
TL	\bar{x}	7.4	15.3	7.7	10.6
	s	1.4	2.2	1.2	1.8
		F = 98.9 p .001		F=79.7 p .001	
$-f_2$ (right)	\bar{x}	4.9	6.0	12.8	10.8
	s	1.5	1.8	2.0	1.5
		F = 149.7 p .001		F= 45.1 p .001	
AL	\bar{x}	4.0	11.0	4.2	5.0
	s	1.4	1.6	0.7	1.0
		F=90.7 p .001		F=2,8	
$-f_2$ (right)	\bar{x}	4.0	4.2	8.0	6.9
	s	1.7	1.0	1.2	1.0
		F=107.6 p .001		F=57.3 p .001	

Thresholds dependent upon the background-tendency

The spatial lay-out of the stimuli A, B, C and D is areally quite limited. It should be proposed that this configuration covers the spatial sampling area of only one functional unit which extracts the information about movement from the stimulated retinal region. The receptive field subserving the motion detection in the foveal region of man has a diameter of about 3.5° inferred from the measure of the minimum contrast needed to create an aftereffect of movement (Richards, 1971). This inferred value is substantially larger than the spatial extent of the maximum stimuli configuration in the present experiments. These facts of the case are the reason that nobody can see the stimuli A, B, C and D moving or shifting in two opposite directions simultaneously. The temporal phases having the opposite signs are subtracted one from another and the difference, not necessarily the ratio, is displayed as the result of the transformation. Let us call C and D the test stimuli and f_3 the test-phase of the test stimuli. The threshold of the test-phase is altered by adding an additional stimulus B or/and A to the principal test stimuli C and D. Let us define f_1 and f_2 as a background-phase. Now the thresholds of the test-phase should be measured as the function of the sign and the degree of the background-phase.

The results are shown in Figures 2 and 3. Figures 2A and 2B show the data using three-stimuli configuration, more exactly B, C and D. Figures 3A and 3B show the results of combination from four stimuli A, B, C and D. In these Figures the temporal threshold of the test-phase f_3 is expressed as a function of the sign, positive value corresponds the leftward movement and negative value corresponds to the rightward movement, and the magnitude of the background temporal phase. The upper row of the experimentally determined points and the straight diagonal line which is a least-squares estimate of the experimental results indicate the thresholds for leftward displacement. The lower row and its linear approximation in all these figures represent the threshold for rightward displacement. Vertical bars indicate ± 1 S.E. of the mean ($n = 10$). The filled triangles settled in the line of $f_2 = 0$ or $f_1 + f_2 = 0$ indicate the thresholds for leftward displacement (upper

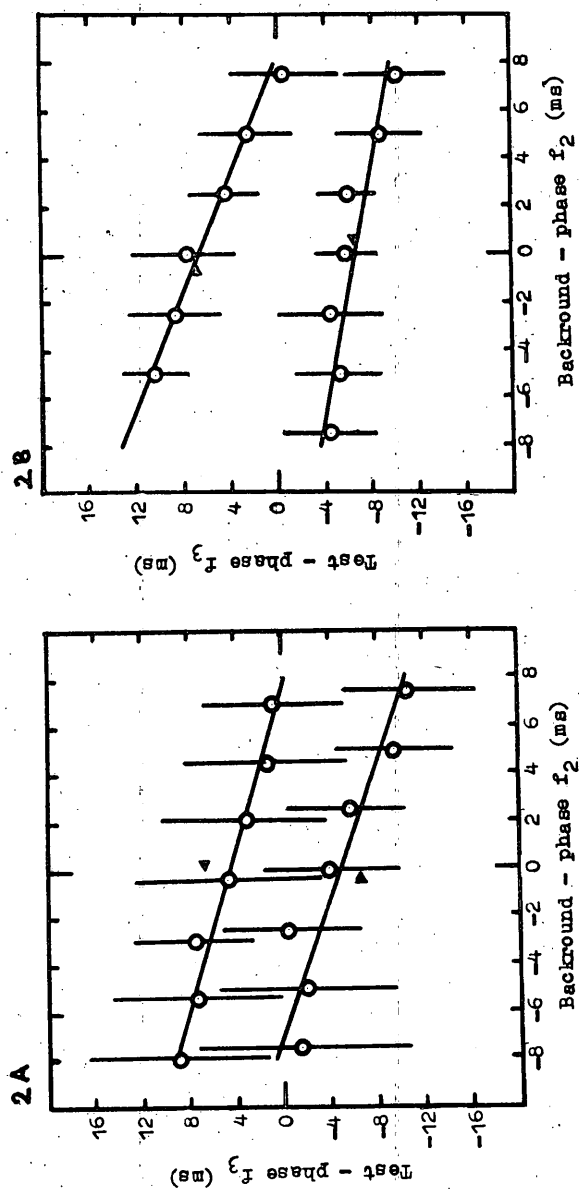


FIGURE 2. The data using three stimuli configuration B, C and D respectively. 2A: results of the subject M.P.; 2B: results of the subject M.T. Upper row of the experimentally determined points and its linear approximation indicate the thresholds for leftward displacement as a function of the sign and the degree of the background-phase, lower row for rightward displacement respectively. The filled triangles indicate the thresholds for displacements without the additional backward stimulus.

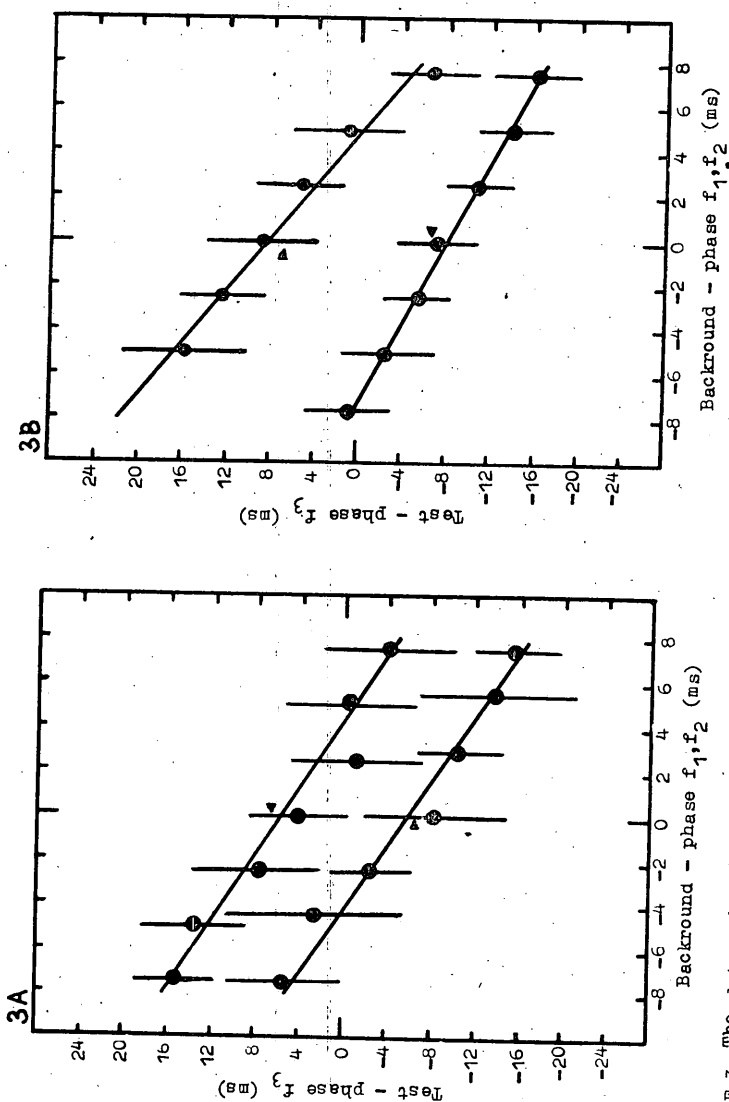


FIGURE 3. The data using four stimuli configurations A, B, C and D. The thresholds of the test phase are expressed as a function of the sign and degree of the background phase. Upper row indicates the thresholds for leftward displacement, lower row for rightward displacement respectively. The filled triangles indicate the thresholds for displacements without the additional backward stimulus. 3A: results of the subject M.P., 3B: results of the subject M.P.

triangles) and for rightward displacement (lower triangles) without the additional background stimulus. The numerical values of the least-squares approximations are shown in Table 2.

TABLE 2. Parameters of the least-squares linear approximation of the experimental results indicated in Figures 2 and 3. The values of the linear regression $y = ax + b$ and the coefficient of correlation r are shown for both subjects M.T. and M.P.

Figure and subject	Direction of the displacement	a	b	r
Fig. 2A	left	-0.61	4.81	.98
M.P.	right	-0.70	-4.79	.95
Fig. 2B	left	-0.86	6.50	.98
M.T.	right	-0.36	-6.49	.89
Fig. 3A	left	-1.35	5.78	.99
M.P.	right	-1.35	-5.76	.96
Fig. 3B	left	-1.71	8.13	.98
M.T.	right	-1.10	-8.10	.99

If the background has a tendency to be displaced to the left, it causes a proportional displacement of the thresholds to the right. The coefficient "a" shows the exact value of this proportionality. If the background drifts to the right then it is identical to the shifting of the rightward and leftward thresholds in the opposite, i.e. left, direction. Therefore the detection of the displacement direction in the suprathreshold compound counterphase pattern is linearly related to the magnitude of the opposite direction. If the background-phase has the same sign as the phase of the test displacement the threshold level is proportionally reduced up to the test-phase sign inversion (e.g. Figure 3-A;B). The reduction of the thresholds due to the same sign of the test-phase and background-phase has the same value as in the opposite sign case. So there is a partial additivity between background and test-phase as " $a < 1$ " for the Figure 2 and " $a < 2$ " for the Figure 3. There exist strong linear relationships between test and background components because of the high linear correlation from .89 to high as .99. Finally we should like to draw attention to the dead-zone between the two thresholds lines where the movement per-

ception is lacking. The width of this dead-zone is about 8-17 ms and with numbers of bars in the pattern it is remarkably increased.

4. Discussion

The thresholds measured in this study have some peculiarities which make the present thresholds determination essentially different from a convenient psychophysical sensitivity determination. As said above, the subject was required to match the direction of the displacement. We supposed that the identification of the displacement direction, i.e. the discrimination of the temporal asymmetry in the stimulation, is sufficient and required provision to specify the directionally sensitive units in the human visual system. The correct identification of the direction is regarded as a measure of the directionally sensitive units and not as a response of the local flicker detection mechanism. The suprathreshold contrast response of the directionally sensitive units is measured in this study. The contrast of the stimuli remained constant during the whole session of the experiments having a 100% value. Under these conditions the temporal resolution limits of the directionally sensitive units are revealed. The finest temporal asynchrony between onset of the two flashes spatially facing each other required for the identification of the displacement direction is determined as a limit of the temporal resolution the mentioned system. This limit of the temporal resolution established for the directionally sensitive units one may compare with the classical measure of the critical flicker frequency.

The main results of this paper are the following. First, the adaptation to the displacement in one direction elevates the thresholds only in the direction of the adaptation displacement. In its nature this directionally sensitive adaptation effect is similar to the contrast-threshold elevation after an adaptation to a unidirectionally moving grating. /Sekuler and Ganz, 1963/. So the selective adaptation shows the strong isolation between mechanisms coding the opposite directions of the displacement. The adaptation affects only one direction, leaving the opposite direction unchanged at all. This suggests that there must be at least two different mechanisms, each of them activated by one temporal sequence and not activated by another temporal sequence. Second, the

adaptation to the pattern which is composed of the two opposite sign temporal phases (the sum of the phases is equal to zero and therefore the subject can see rather a standing pattern than one moving in some direction) is much less effective than adaptation to the isolated components of the composed pattern. Results of this kind are interpreted as evidence of the inhibitory interaction between direction-specific mechanisms in human vision /Levinson and Sekuler, 1975a,b/. The directionally sensitive mechanism which responds to the rightward movement acts as an inhibitory gate of the mechanism coding the leftward movement and vice versa.

A compound pattern exists whose different parts tend to move in opposite directions. If the opposite components of movement are balanced, the standing pattern is seen by the subject. How much should be altered a single component if the movement in any desired direction is seen? The results are presented in Figures 2 and 3, and in numerical form in Table 2. We need only one linear regression line to fit the data independently of the sign of the background temporal phase. The oppositely tuned background raises the threshold just to the same extent as the isodirectionally tuned background reduces the threshold. This statement claims the validity, of course, in the limits and capacity of the present experiments. As the coefficient of the linear correlation are relatively high - the lowest is .89 and all others are higher than .95 - there exists a linear relationship between parts of the compound pattern. For the patterns B, C and D (Fig. 2) the multiplier of the linear regression is always lower than 1, and for the patterns A, B, C and D (Fig. 3) the multiplier is lower than 2. So there is a lack of a strong reciprocity between components of the compound pattern. The lack of reciprocity, up to the multiplier's value one or two, turns the composite pattern into an antisymmetrical one with respect to the test and background. It is possible to describe the background by hysteresis with respect to the test. The hysteresis is probably caused by the relatively large dead zone where movement perception is absent: a measurable amount of test-energy is used up to exceed the inertness of the whole pattern.

R e f e r e n c e

- Allik, J., Džafarov, E., Tepp, M., Livšits, A. Mechanism of motion perception in the human visual system. Information Processing in Visual System. Proceedings of the IV Symposium on Sensory System Physiology. Leningrad, 1976, pp. 13-17.
- Exner, S. Über das Sehen von Bewegung und die Theorie des zusammengesetzten Auges. S.-B. Akad. Wiss. Wien, Mat.-nat. Kl. Abt. III, 1875, 72, 156-190.
- Levinson, E., Sekuler, R. The independence of channels in human vision selective for direction of movement. J. Physiol., 1975, 250, 347-366 (a).
- Levinson, E., Sekuler, R. Inhibition and disinhibition of direction-specific mechanisms in human vision. Nature, 1975, 254, 692-693 (b).
- Richards, W. Motion detection in man and other animals. Brain Behav. Evol., 1971, 4, 162-181.
- Sekuler, R., Ganz, L. A new aftereffect of seen movement with a stabilized retinal image. Science, 1963, 141, 419-420.
- Thorson, J., Lange, G.D., Biederman-Thorson, M. Objective measure of the dynamics of a visual movement illusion. Science, 1969, 164, 1087-1088.
- Tolhurst, D.J. Adaption to square-wave gratings: inhibition between spatial-frequency channels in the human visual system. J. Physiol., 1972, 226, 231-248.

ДЕТЕКЦИЯ ВРЕМЕННОГО СДВИГА ЕДИНИЦАМИ,
ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМИ К НАПРАВЛЕНИЮ В
ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕКА

Аллен Д., Тейл М., Янгшид А.

Р е з ю м е

В данной работе изучали детекцию временного сдвига стимулов единицами, чувствительными к направлению в зрительной системе человека. Главные результаты экспериментов следующие:

1. Существует селективная адаптация по отношению к направлению сдвига, что дает основание предполагать наличие изолированных механизмов, кодирующих противоположные направления.

2. Адаптация на изображение, сдвигающееся одновременно в двух противоположных направлениях менее эффективна, по сравнению с адаптацией на сдвиги в одном направлении. Такой результат говорит в пользу существования тормозных связей между единицами, кодирующими направление в зрительной системе человека.

3. Фон, сдвигающийся в противоположном направлении, по сравнению с тестом, повышает пороги сдвига теста, в то время как при использовании фона и сдвигающегося в одном направлении теста, обнаруживается понижение порогов сдвига теста.

Очевидно для обнаружения направления сдвига нужен такой энергетический уровень теста, который мог бы превн-
щать инертность всей стимульной конфигурации.

ДВИЖЕНИЕ ГЛАЗ И ПРОБЛЕМА СТАБИЛЬНОСТИ ВОСПРИНИМАЕМОГО МИРА

А.Луук, В.Барабанчиков, В.Белополюский

1. Эфферентные теории компенсации

Рассматривая объекты окружающего нас мира, глаз совершает 3-5 быстрых саккадических движений за одну секунду. Несмотря на такие быстрые перемещения изображений объектов на сетчатке, окружающий нас мир кажется стабильным. История проблемы стабильности видимого мира начинается с имени Helmholtz (1866). Он впервые допустил, что "усилие воли" (Willensanstrengung), необходимое для выполнения движения глаза, осознается и, благодаря этому, может быть "принято в учет" при стабилизации воспринимаемого мира во время саккад.

Для анализа этой проблемы, с одной стороны, важно исследовать, какой информацией располагает центральная нервная система при достижении стабильности видимого мира. С другой стороны, для психологии зрительного восприятия важно знать, каким образом используется эта информация, через какие механизмы и операции происходит сенсомоторная координация в зрительной системе. По предполагаемому источнику информации, существующие теории стабильности видимого мира разделяются на эфферентные (outflow) и афферентные (inflow). По способу использования этой информации можно отдельно рассматривать теорию компенсации (cancellation theory) или условно теорию "принятия в учет", теорию подавления (suppression theory) и теорию информационной оценки сетчаточных сигналов (theory MacKay). Необходимо оговориться, что теория подавления представлена отдельными высказываниями различных авторов и фактически еще не разработана.

Helmholtz не стал выводить все специфические аспекты механизма компенсации, настаивая только на том, что "в учет принимается" центральная команда для выполнения саккады. Этот взгляд основывается на том наблюдении, что в случае паралича наружной прямой мышцы глаза при попытке двигать парализованным глазом воспринимается кажущееся смещение окру-

лежащих предметов. Такого явления нет при активных поворотах глаз, но оно наблюдается в случае пассивного перемещения глаза при надавливании пальцем на глазное яблоко. Ясно, что по приведенной выше классификации взгляды Helmholtz вполне удовлетворяют требованиям теории компенсации (по всей вероятности, он в своих рассуждениях имел в виду компенсацию положения, о которой речь будет идти ниже). По источнику компенсирующей информации его теория относится к эфферентным. В подобных теориях предполагается возникновение компенсации, вследствие сопоставления информации от центральных глазодвигательных команд на эфферентные органы (мышцы) с афферентной зрительной информацией. Иногда теорию Helmholtz называют иннервационной теорией. Эта традиция исходит от Wundt, который под названием "чувство иннервации" имел в виду те же самые центральные команды или "волевые усилия", что и Helmholtz (см. Pestinger, Canon, 1965).

В 1879 году Hering предложил одну разновидность эфферентной теории стабильности видимого мира, которая поддерживалась некоторыми исследованиями настоящего столетия (Hillebrand, 1922). В свое время взглядам Helmholtz довольно активно противопоставлялись афферентные теории James (1890) и Sherrington (1918), согласно которым источником используемой в процессе компенсации информации является проприоцептивная или "втекающая" (inflow) информация. Хотя к настоящему времени довольно убедительно доказано существование даже осознаваемой проприоцептивной информации от наружных мышц глаза (Skavenski, 1972), все же эта информация является очень неточной, по сравнению с поступающей зрительной информацией (Skavenski, Haddad, Steinman, 1972) и вряд ли она может участвовать в процессе компенсации. Но нужно признать, как это делает Маскау (1973), что возможное использование проприоцептивной афферентной информации не противоречит идее компенсации. Ввиду этого некоторые авторы (Matin, 1972) предпочитают говорить обобщенно о внесетчаточном сигнале, не занимаясь вопросом о природе этого сигнала. Большинство работ по проблеме стабильности видимого мира содержат однотипные утверждения, примером которых могут быть слова Gregory (1958, стр. 1215): "Существует общее мнение, что если глаза движутся произвольно через широкое поле саккадическими движениями, то в видимом положении воспринимаемых объектов изменения обычно или не замечаются или наблюдаемое изменение незначительно. Зрительный мир не

перемещается против направления движения глаза (как можно было бы ожидать по законам оптики - прим. наше). С другой стороны, почти все испытуемые сообщают, что во время слежения за движущимся объектом стационарный фон воспринимается как перемещающийся против направления слежения. Сходное, хотя менее заметное наблюдение движения всего зрительного поля можно произвести, когда глазное яблоко движется пассивно, вследствие нажатия пальцем. Это наблюдение доказывает, что саккадические движения глаз каким-то способом участвуют в стабилизации зрительного мира. Возможно, что резкие движения глаз сами по себе важны, или что саккадический механизм учитывает информацию, обеспечивающую стабильность, которая отсутствует во время плавнопрослеживающихся движений глаз."

Stoner (1967, 1973) перечисляет пять феноменов, относящихся к проблеме стабильности видимого мира: (1) восприятие стабильности видимого мира при наличии саккадических движений глаз; (2) кажущееся движение видимого мира во время пассивных движений глаз (при надавливании пальцем на глазное яблоко); (3) кажущееся движение послеобраза во время саккад; (4) кажущееся движение окружающих предметов при попытке двигать парализованным глазом; (5) восприятие движения объекта, прослеживаемого плавными движениями глаз. Helmholtz (1866), кроме последнего феномена, привел еще шестой для нашего списка феномен: (6) отсутствие движения послеобраза во время пассивного движения глаза. На этих феноменах остановимся подробнее позже.

Исключительно большой интерес к эфферентному варианту теории стабильности видимого мира возник после появления работ Von Holst, Mittelstaedt (1950) и Sperry (1950). Позже было выполнено множество исследований саккадического подавления обнаружения сигнала (см. обзоры Луук, Романюта, 1972 и Matin (1974) парасаккадической и саккадической локализации (идентификации положения) сигнала и опознания, где в подавляющем большинстве случаев найденные эффекты объясняются принципом реafferентации по Von Holst, Mittelstaedt или "побочными разрядами" по Sperry. Все эти работы в той или иной мере связаны с проблемой стабильности видимого мира. Из отечественных исследователей лишь Гуревич (1971) рассматривает классические точки зрения на проблему стабильности видимого мира. Леушина (1971) и Шахнович (1974) коротко на-

поминают об этой проблеме, а многие другие исследователи роли движений глаз в процессе зрения обходят ее стороной.

2. Принцип реафферентации и "побочные разряды"

В тридцатые годы в физиологии возникла идея о кольцевом управлении, получившая в кибернетике название обратной связи. Толчком к возникновению этой идеи были многочисленные примеры, доказывающие недостаточность управления по принципу рефлекторной дуги. Jung (1972) ссылается на работу Ter Braak, который в 1936 году показал существование зрительно-моторной авторегуляции и обратной связи, исследуя оптокинетический нистагм.

Von Holst, Mittelstaedt (1950), по их словам, "решили полностью перевернуть обычный взгляд на ЦНС". Считая, что этим радикальным способом является отказ от рассмотрения причинной связи между афферентацией и эфферентацией, т.е. от идеи рефлекторной дуги, они анализируют эфферентацию (движение), желая понять, что происходит в организме, когда обратная связь от выполненного движения (реафферентация) поступает в ЦНС.

В том же 1950 году Sperry опубликовал свое экспериментальное исследование. Перевертывая хирургическим путем глаза рыб на 180° , он обнаружил у последних сильную тенденцию кружения на месте. Разрушая и удаляя участки мозга, Sperry пытался доказать решающее значение взаимоотношений между оптическими и неоптическими факторами для возникновения кружения оперированных рыб. Было найдено, что одинаковая зрительная афферентация, вызывая движение кружения в одном случае и не вызывая его в другом, находится в полной зависимости от направления движения рыбы. Sperry (1950) делает вывод, что одна только оптическая информация является недостаточной для возникновения движения, а само движение рыб выступает как детерминирующий фактор перцептивного процесса: "Любой паттерн возбуждения, который нормально вызывает перемещение зрительного изображения на сетчатке (вследствие собственного движения — прим. наше), может иметь побочный разряд в зрительные центры для компенсации сетчаточного переме-

жения. Это означает, что в зрительных центрах происходит предварительная регуловка, специфичная для каждого движения в соответствии с его направлением и скоростью. Центральный регулирующий фактор подобного рода может способствовать сохранению стабильности зрительного поля в нормальных условиях во время возникновения внезапного движения глаза, головы или туловища." (Sperry, 1950, стр. 488).

Von Holst, Mittelstaedt (1950) сообщили о трех сериях экспериментов с мухой. При помещении мухи внутрь вращающегося полосатого цилиндра, она будет следовать по направлению вращения последнего. После переворачивания головы мухи на 180° относительно оси тела так, что перевернуты левая и правая стороны, возникают противоположные эффекты. Перевернутыми оказываются также зрительные сигналы и, вследствие этого, муха поворачивается против направления вращения цилиндра. На основе этих результатов авторы предположили существование специфических нейронов, контролирующих наблюдавшийся оптомоторный рефлекс. При расположении около мухи дополнительного (обонятельного) стимула в неподвижном цилиндре, муха, поворачиваясь в сторону запаха, получает зрительную афферентацию, сходную с той, которая была получена при вращении цилиндра. Однако в таких условиях оптомоторный рефлекс не наблюдается — муха поворачивается и останавливается у источника запаха. Для доказательства отсутствия блокировки оптомоторного рефлекса с мухой, у которой голова была перевернута, был проведен третий эксперимент при дополнительном обонятельном стимуле. Поворачиваясь в неподвижном полосатом цилиндре, муха не останавливается у источника запаха, а продолжает движение до истощения. Но в оптически гомогенной среде муха движется нормально и останавливается в месте нахождения запаха. Из этого следует, что оптомоторный рефлекс не был блокирован. Те же авторы сделали сходное наблюдение на рыбах с глазами, перевернутыми на 180° — рыбы начали кружиться только в оптически негомогенной среде.

Von Holst (1954) обобщает сделанные выводы. Для объяснения своей точки зрения он вводит собственную терминологию. Все виды моторной информации обозначены у него как афферентация. Последняя может иметь только центральное происхождение. Афферентация же может быть двух видов — афферентация на основе собственных движений или реафферентация (обратная афферентация) и афферентация на основе внешних причин — экс-

афферентация. Все перечисленные выше опыты проводились в целях исследования реафферентации. Автор находит, что, согласно результатам опытов, нарушение (обращение) реафферентации вызывает увеличение движения, а ее усиление уменьшает движение. В терминах кибернетики эти условия отвечают соответственно положительным и отрицательным обратным связям. Далее Von Holst выдвигает гипотезу, по которой каждая эфферентация оставляет свой "слепок" в ЦНС, сопоставляющийся с соответствующей этой эфферентации реафферентацией. Этот слепок он называет "эфферентной копией".

Эта идея внутренней петли мотосенсорной обратной связи в зрительной системе впоследствии претерпевала незначительные модификации. Исследования перестройки (адаптации к условиям искусственно искаженной зрительной афферентации), рас-согласования (создания условий, где перестройка невозможна) и депривации (уменьшения сенсорной информации) привели к необходимости дополнить модель Von Holst, Mittelstaedt (1950) таким образом, чтобы можно было объяснить эти типы экспериментов. Для этого Heid (1961) ввел блок "хранения корреляции", в котором сохраняются следы предыдущих комбинаций совпадающих эфферентных и реафферентных сигналов. Согласно этой модификации модели, из блока хранения извлекаются все комбинации с идентичной эфферентной частью и активируется след соответствующего реафферентного сигнала. Только последний отсылается в компаратор для сопоставления с поступающим в данный момент реафферентным сигналом. Модифицированная модель объясняет: (1) возможность приспособления к условиям стабильно искаженной зрительной афферентации; (2) невозможность перестройки в неустойчивых условиях искажения афферентации или депривации ее; (3) необходимость обратной афферентации (реафферентации) для осуществления подгонки (Хайнд, 1975).

В течение десятилетия идея Von Holst, Mittelstaedt и Sperry об эфферентной регуляции в зрительном восприятии была мало известна. Только после появления обзора Teuber (1960) термин "побочный разряд" (collary discharge) и "принцип реафферентации" приобрели известную популярность.

Sperry (1950) ограничился вышеприведенным утверждением относительно возможной роли "побочных разрядов" в регуляции процессов восприятия, а Von Holst (1954) развил свои идеи для прямого применения в качестве принципа, объясняющего про-

блемы стабильности видимого мира. Он показал, что реафферентация может иметь два источника — смещение изображения по сетчатке и импульсацию от чувствительных клеток в мышцах глаза (проприоцепция). Считая, что осознается, и следовательно, имеет значение только смещение изображения по сетчатке, он проанализировал проведенный Mach (1885) и повторенный Kohnmüller (1931) эксперимент с искусственной иммобилизацией глаза и с дополнительным анестезированием мышц в последнем случае. При попытке повернуть глаз направо производится соответствующая эфферентная копия, но реафферентации не поступает. Эфферентная копия оказывается неаннулированной, передается в высшие центры и вызывает восприятие кажущегося смещения всех окружающих предметов направо. Поскольку, утверждает Von Holst, в афферентных путях ничего не происходит, воспринятое смещение должно быть полностью отнесено к эфферентной копии. Следующий пример касается случая, при котором парализованный глаз поворачивает направо пассивно. Здесь предполагается отсутствие как "моторного стремления", так и эфферентной копии. Но поскольку изображение смещается по сетчатке, то в мозг поступает зрительная афферентация и смещение окружения воспринимается влево. В третьем случае, при нормальном скачке глаз, существует "моторное стремление", соответствующая ему эфферентная копия и соответствующая саккада реафферентации. Благодаря взаимной компенсации эфферентной копии и реафферентации, движение не воспринимается. Сходным образом объясняет Von Holst константность величины с "принятием в учет" степени аккомодации. В конце работы Von Holst отмечает достоинства своей теории, которая, подобно примерам из точных наук, "будет в состоянии точно предсказывать, что может случиться в конкретных условиях и, таким образом, позволит экспериментальным путем подтвердить или отклонить эту теорию." (Von Holst, 1954).

Совокупность разбираемых в данном разделе взглядов Von Holst, Mittelstaedt и Sperry является в настоящий момент самой простой и распространенной моделью сенсомоторных взаимодействий в зрительном восприятии. Нужно сказать, что ввиду инертности системы ссылок в научных трудах, гипотеза "побочных разрядов" Sperry и принцип реафферентации Von Holst, Mittelstaedt постепенно незаслуженно приобрели силу догмы. Более подробный анализ этих работ приводит к выводу, что сделанные этими авторами эксперименты ни в какой мере не до-

казывают существования внутренней эфферентной обратной связи в зрительной системе. Анализом этих работ мы попытались подчеркнуть то важное обстоятельство, что созданные авторами теоретические конструкции о внутренних сенсомоторных обратных связях в зрительной системе никак не вытекают из фактов, полученных экспериментально. По существу, этими работами доказано только управление движениями животных посредством внешней зрительной обратной связи. Оценивая вклад Von Holst Mittelstaedt и Sperry нужно признать, что ими выполнены интересные опыты по сенсорной регуляции движений, а их гипотезы относительно эфферентной регуляции перцептивных систем не имеют под собой фактологической основы. Следовательно, принцип реafferентации и гипотеза "побочных разрядов" представляются только одними из возможных принципов объяснения типа "принятия в учет" с его общей эвристической ценностью (см. Epstein, 1973). Но этот принцип объяснения нельзя принять за многогранно обоснованную теорию. Самые веские доказательства в пользу своей теории Von Holst (1954) приводит из числа описанных выше шести феноменов, на которых базировались взгляды Helmholtz. Однако, как мы покажем ниже, простое описание этих феноменов отнюдь не означает подтверждения эфферентной теории. Самый большой недостаток названных авторов заключается в том, что от экспериментального исследования внешней сенсомоторной обратной связи они в своих выводах переходят к доказательству существования петли внутренней мотосенсорной связи, что никак не вытекает из полученных ими данных.

3. Проблема локальных знаков

Спустя несколько лет после Helmholtz, была предложена другая идея для объяснения проблемы стабильности видимого мира и прочих аспектов координации зрения и глазной моторики. Hering (1879) высказал идею локальных знаков сетчатки, которые должны лежать в основе определения местоположения объектов. Согласно этому мнению, сетчатка представляет собой как бы масштабную сетку, позволяющую присвоить изображениям объектов на определенных участках сетчатки соответствующие этим участкам пространственные координаты.

Hering различает два вида пространственной локализации: абсолютную и относительную. По Morrison (1963) относительная локализация представляет собой прямое восприятие пространственных отношений между объектами в поле зрения, а абсолютная локализация — ориентацию зрительных впечатлений относительно самих себя. Однако, как мы покажем позже, такое деление условно и неоднозначно. Hering (1879) пишет: "Во время каждого быстрого движения глаза изображения объектов внешнего мира смещаются по сетчатке и, тем самым, меняют свои относительные координаты, но, несмотря на это, мы видим объекты неподвижными. Из этого вытекает, что изменение относительных пространственных координат, вызванное смещением изображений по сетчатке, компенсируется изменением абсолютных пространственных координат всего комплекса ощущений и всего поля зрения, а также каждого отдельного ощущения и каждого отдельно рассматриваемого объекта, что происходит во время каждого быстрого движения глаза. Оба изменения одинаковой величины, но противоположны. Если бы это не было так, объекты должны были бы изменять свое кажущееся положение во время быстрого движения глаза, должны были бы возникать кажущиеся движения и изменения. ... Если вначале объект привлекает внимание, то изменение фокуса внимания и желание как можно точнее увидеть этот объект вызывают без нашего дальнейшего участия быстрое движение глаз. Уже до того, как начинается быстрое движение глаз, то место, которое является целью движения глаза, охвачено сознанием и вниманием, а положение этого места в поле зрения определяет направление и амплитуду быстрого движения глаз. В той же мере, в какой внимание меняет свой фокус в пространстве, одновременно меняются также абсолютные пространственные координаты сетчатки. ... Что изменение абсолютных пространственных координат действительно вызвано только изменением фокуса внимания, а не из-за возникшего вследствие этого быстрого движения глаза, доказывается тем, что первое явление наблюдается даже тогда, когда второе анормальным путем приостановлено."

На основе рассуждений Hering можно допустить, что относительные пространственные координаты определяются вектором от фовеа до данного изображения на сетчатке. Таким образом, для системы изображение/сетчатка (по терминологии Gregory, 1958), точкой отсчета является фовеа. Для абсолютной локализации (в системе глаз/голова по Gregory) системой отсчета

является воображаемая горизонтальная ось на воображаемой медианной плоскости, исходящая от переносицы наблюдателя. При фиксации центральной точки на фронтопараллельной плоскости эта точка имеет нулевые относительные (проецируется на фовеа) и абсолютные (находится на медианной плоскости) пространственные координаты. При переводе взгляда на другую точку, расположенную на 10° левее первой, последняя приобретает относительные пространственные координаты - " 10° правее" (от фовеа). В абсолютной системе координат определяется измененный угол между осью "циклопического глаза" и направлением "прямо вперед". В данном случае ось "циклопического глаза" (субъективное направление взгляда) имеет координаты - " 10° левее" (медианной плоскости или направления "прямо вперед"). Согласно рассуждениям Hering получены два смещения, которые равны по амплитуде, но противоположны по направлению. Следовательно, компенсация в третьей, эгоцентрической системе координат успешна. Популярнее идеи локальных знаков и двух видов пространственной локализации мысль Hering о том, что изменение абсолютных координат, т.е. определение угла поворота глаз относительно головы происходит уже до реального осуществления движения. Тем самым он четче Helmholtz высказывает идею об опережающей сенсомоторной обратной связи. Такая антиципация в системе восприятия, предшествующая движению, необходима Hering для объяснения кажущегося смещения видимого мира при попытке перевести парализованный глаз на другую точку фиксации. Следовательно, для Hering информация о предстоящем повороте глаз для компенсации смещения поступает из "высших центров", где принято решение о перемещении взгляда.

Storper (1967) понимает локальные знаки сетчатки как угол, образующийся между точкой сетчатки, на которой находится изображение данного объекта, и направлением "прямо вперед". Таким образом, локальный знак данного участка сетчатки меняется с изменением угла поворота глаз относительно головы.

Hillebrand (1922) сделал новую попытку объяснить сущность "компенсирующих факторов", отвечающих за сохранение восприятия неподвижности объектов во время быстрых движений глаз. Он, как и ранее Hering, полагает, что внимание направляется в новую точку фиксации еще до движения глаза. Одновременно с перемещением "центрального" внимания, смещаются границы поля зрения в соответствии с амплитудой и направлением будущей саккады. Снова, как у Hering, делается вывод, что

смещение во время движений глаз не воспринимается потому, что заблаговременно осуществлено иное смещение центрального происхождения.

Все авторы, анализирующие теории локальных знаков (Гуревич, 1971; Kaila, 1923; Storer, 1967), отмечают половинчатость, неразработанность этой теории. Естественно, последним объясняется незначительный интерес к разновидностям этой теории в настоящее время.

4. Информационная оценка зрительной афферентации (теория МасКау)

В своих многочисленных работах, начиная с 1955 года, английский кибернетик МасКау отмечает ошибочность идеи стабилизации воспринимаемого мира путем компенсации: ЦНС должна не элиминировать сенсорную реафферентацию, возникающую вследствие поисковых движений (саккад), а напротив, оценивать ее как положительное доказательство стабильности сканируемого взгядом мира. Информационно эффективным является превращение воспринимаемой стабильности в норму, а не в аномалию, которая при каждом движении требует новой "подгонки". Это означает, что функцией зрительной системы является не сохранение стабильности, а обнаружение изменений.

При построении своей концепции МасКау исходит из положений теории информации, в соответствии с которыми воспринимаемый мир можно рассматривать в качестве источника внешних и внутренних ограничений, которым организм противопоставляет организацию своей деятельности, в частности - локомоцию. Согласно такому взгляду восприятие имеет двойную функцию:

- (1) оценка и селекция деятельности эффектора и
- (2) готовность организма учитывать содержательную информацию среды при организации своей деятельности.

Анализируя вопрос, что нужно для восприятия объективных изменений в среде, МасКау (1972) начинает с ситуации, в которой окружающий нас мир стабилен. В такой обстановке функцией глаза является обеспечение текущей внешней обратной связи, с помощью которой организм может управлять собственным перемещением в мире с фиксированным содержанием. МасКау

постулирует, что локализация объектов такого мира должна иметь постоянное внутреннее представительство, которое содержит в себе и представляет организму ограничивающие локомоции условия внешней среды. Он утверждает, что при уже построенном внутреннем представительстве нет необходимости использовать данные от сенсорного входа до тех пор, пока мир сохраняет свою стабильность. Если теперь некоторые из объектов в окружающем мире начинают перемещаться, то поправки во внутреннее представительство вводятся на основе информационной оценки поступающих с сетчатки сигналов. Таким образом, "карта" внешнего мира включает в себя информационное содержание стимулов. Согласно Маскау, это внутреннее представительство выполняет не функцию сохранения стабильности, а функцию обнаружения изменений.

Рассматривая стабильность видимого мира в связи с произвольными саккадическими движениями глаз, он находит, что "побочные моторные разряды" нужны не для сопоставления с сенсорной афферентной информацией, а для установления подходящих критериев оценки. Поскольку изменение сетчаточного изображения, (сенсорного входа) вследствие произвольной саккады, является не только результатом движения, но также и целью его, то задачей "побочных разрядов" остается установление критерия, согласно которому сенсорный вход должен корригировать внутреннее представительство для достижения интерпретации воспринимаемого мира как стабильного. Отклонение критерия от заданного значения может вызвать перцептивный эффект, совпадающий с изменением афферентации. Маскау (1972) объясняет свою точку зрения примером из другой области - для ЦНС различия между объективными изменениями окружающего нас мира и изменениями вследствие произвольных саккад, аналогичны изменениям между заданным вопросом и полученным ответом. Допустим, что слепой задаст ряд вопросов относительно стабильности окружающего нас мира. В соответствии с формой заданных вопросов корректные ответы должны быть различными. Различие ответов не может служить основанием для вывода, что мир нестабилен. Таким образом, оценка ответа происходит на основе заданного вопроса. Возвращаясь в область зрительного восприятия, Маскау рассматривает афферентные команды как вопросы, ответами на которые служат перемещения изображений по сетчатке. Центральная система генерации моторных команд ("побочные разряды" или "эффе-

рентные копии") устанавливает критерий оценки исследовательности событий на сенсорном входе, при этом весь процесс происходит неосознанно. МасКау не отрицает полезной функции подавления или компенсации глазоподвижных сигналов в сенсомоторной координации, но не считает их необходимым условием для восприятия стабильного мира.

В 1958 году он показал, что зрительная система значительно чувствительнее к непрерывному движению изображения по сетчатке, в сравнении с дискретным перемещением на то же расстояние. Он сделал вывод, что величина воспринятого смещения зависит от комбинированного удельного веса информации от двух систем, одной — чувствительной к дрейфу, другой — к изменению положения. МасКау (1973) подчеркивает тот факт, что человеческий глаз, имеющий фовеа, перемещается саккадами, а не плавными движениями. Целью этих движений является резкое смещение сенсорного поля сетчатки. Следовательно, информацией о стабильности мира во время саккад нервную систему обеспечивает изменение в положении изображения на сетчатке, а не его непрерывное движение. В соответствии с наблюдением МасКау (1958) понятно, что для достижения стабильного восприятия от зрительной системы не потребуются точного измерения перемещения. По-другому обстоит дело в случае прослеживания. Для поддержания фиксации движущейся цели или неподвижной цели при локомоции, глаз имеет тонкие рефлекторные и компенсаторные механизмы, имеющие разрешающую способность выше, чем саккадические механизмы.

Необходимо отметить, что объяснение МасКау обнаруживает существенное развитие идеи восприятия стабильности мира. Фактически он "снимает ответственность" с глазоподвижной системы в этом процессе. Von Holst, Mittelstaedt (1950) и Sperry (1950) в своих взглядах на работу мозга проявляют известный механицизм. МасКау показал, что предложенное ими объяснение означает неэффективное использование возможностей мозга по переработке информации. Объяснение МасКау базируется не на конкретных петлях внутримозговой обратной связи, а на установке, что мозг есть орган, позволяющий создать "внутреннее представительство" внешнего мира. Это положение безоговорочно принимается всеми психологами, стоящими на материалистических позициях.

5. З р и т е л ь н о е в о с п р и я т и е в о
в р е м я п л а в н ы х д в и ж е н и й г л а з
П е р в ы й ф е н о м е н т е о р и и
к о м п е н с а ц и и (S T O P E R, 1967)

При прослеживании движущегося светящегося объекта в темноте, его проекция на сетчатке глаза практически остается неподвижной. Тем не менее, наблюдатели способны описать траекторию движения объекта и оценить его скорость (Грегори, 1970).

Это обстоятельство выступает как достаточно веский аргумент в пользу существования внесетчаточной, экстраретинальной информации о движении объекта, которая связывается с перемещением глаза в пространстве и включается в систему основных феноменов теории компенсации (Stoper, 1967). Однако, более или менее подробный анализ восприятия абсолютного и относительного движения объектов во время плавных движений глаз показывает, что сама экстраретинальная информация является довольно неточной, а отношения между ретинальной и экстраретинальной информацией часто не могут быть описаны принципом компенсации.

Восприятие пути и скорости движения объекта. Одно из первых наблюдений особенностей восприятия движущегося объекта в безориентирном поле зрения принадлежит Dodge (1904). Его испытуемые прослеживали колебания одной из двух светящихся точек, укрепленных на плечах разбалансированного маятника на равном расстоянии от центра вращения. Dodge нашел, что воспринимаемая амплитуда колебаний прослеживаемой точки была почти в два раза меньше воспринимаемой амплитуды колебаний второй (не прослеживаемой) точки, хотя объективно амплитуды колебаний были равны. Этот результат позволил Dodge заключить, что зрительная система не имеет информации о плавных прослеживающих движениях глаз, а восприятие протяженности перемещения объекта в темноте полностью определено скоплением проекций объекта по сетчатке.

Аналогичные результаты получили Carr (1907) и Ford (1911). В последние годы было выполнено несколько работ, ко-

торые в целом также подтверждают эффект, обнаруженный Dodge. Так, об уменьшении пути воспринимаемой замкнутой траектории движения светящихся объектов в темноте при их прослеживании сообщили Наканов (1973) и Festinger, Easton (1974). Правда, в этих исследованиях была сделана лишь интегральная оценка иллюзии уменьшения пути воспринимаемого движения. Показано, что при введении дополнительной фиксационной точки или при неожиданном одновременном высвечивании всей траектории движения объекта обнаруживается расширение воспринимаемой фигуры, которое, однако, никогда не превышает размеров объективной траектории.

Поскольку перемещение глаза в пространстве определяется его скоростью и направлением, очевидно, что уменьшение пути воспринимаемой траектории связано с недооценкой зрительной системой информации об этих параметрах.

В экспериментах Mask, Herman (1972) оценивалось восприятие дистанции, которую проходит движущийся с постоянной скоростью прослеживаемый светящийся диск, и восприятие дистанции между двумя последовательно фиксируемыми целями. Было обнаружено, что воспринимаемая дистанция при саккадическом способе наблюдения почти тождественна объективной, а при прослеживающем способе наблюдения недооценивается в среднем на 13% (скорость движения объекта $4,5^{\circ}/\text{сек}$ и $10,5^{\circ}/\text{сек}$). Экспериментальный анализ данного результата показал, что существует определенное отношение между восприятием скорости и дистанции во время прослеживания светящегося объекта в темноте, а именно, недооценке воспринимаемой дистанции соответствует недооценка воспринимаемой скорости движения, причем, величина недооценки скорости не зависит от скорости перемещения объекта, постоянна и равна $1^{\circ}/\text{сек}$. По мнению авторов результаты экспериментов указывают на то, что может быть результатом постоянной недооценки зрительной системой скорости прослеживающих движений глаз. Предполагается, что эфферентная оценка скорости прослеживающих движений глаз является первичной, а эфферентная оценка расстояния - вторичной, производной от нее.

На первый взгляд, учитывая небольшую поправку на постоянную недооценку скорости, результаты экспериментов Mask и Herman достаточно хорошо могут быть интерпретированы в терминах теории компенсации. Однако в этом случае, если для высоких скоростей перемещения стимула ошибка в оценке скорости

движения глаза, равная $1^\circ/\text{сек}$, является незначительной, то для низких скоростей она становится существенной. Более того, эта ошибка должна была бы привести к парадоксальному результату — отсутствию воспринимаемого движения при прослеживании объекта, перемещающегося со скоростью, меньшей или равной $1^\circ/\text{сек}$. Это явно не соответствует экспериментальным данным (Барабанчиков, 1977).

Результаты экспериментов Festinger, Sedwick, Holtzman (1976) оказались более радикальными по отношению к теории компенсации. В этих экспериментах испытуемые прослеживали колеблющуюся по горизонтали светящуюся точку и уравнивали воспринимаемое расстояние, которое проходит эта точка в течение одного полуцикла, с расстоянием между траекторией колебания прослеживаемой и непрослеживаемой, параллельной ей точкой. Частота колебаний варьировалась от 0,125 до 1,00 гц; диапазон угловых скоростей перемещения точки: $1,6^\circ/\text{сек}$ — $12,6^\circ/\text{сек}$. Найдено, что величина воспринимаемого пути не зависит от пути, который прослеживался глазом, и колеблется относительно некоторого значения, меньшего минимальной величины объективного пути. По мнению авторов, зрительная система не имеет прямой информации о величине пути, который проходит глаз, но получает некоторую информацию о скорости его движения и интегрирует ее во времени. Предполагается, также, что экстраретинальная информация о величине скорости не зависит от действительной скорости движения глаза и составляет около $1^\circ/\text{сек}$. Таким образом, в условиях данного эксперимента зрительная система "знает" только, что глаз движется, но скорость его движения остается неучтенной.

Очевидно, что выводы Festinger и др. надо рассматривать только применительно к конкретной экспериментальной ситуации, поскольку они не выдерживают критики при анализе восприятия движения в условиях относительно высокой линейной скорости перемещения объектов. В частности, исследования Юнга (1969) показывают, что при точном прослеживании одной из полос черно-белого паттерна оптокинетической стимуляции в широком диапазоне скоростей ($5 - 50^\circ/\text{сек}$), воспринимаемая скорость движения соответствует объективной. К аналогичному результату пришли и Körner и Dichgans (1967), которые исследовали восприятие скорости черно-белых полос в диапазоне скоростей ниже $5^\circ/\text{сек}$. Вместе с тем, подтверждая парадокс Ауберта-Фляйшля и демонстрируя его в условиях слежения за объектом,

эти исследования дают иные аргументы против концепции компенсации.

Фляйшль в 1882 году и Ауберт в 1887 году обнаружили, что при фиксации неподвижного объекта движущийся объект воспринимается перемещающимся вдвое быстрее, чем при его прослеживании. Дальнейшие наблюдения подтвердили существование этого парадокса, но указали на большую вариабельность его величины (Dodge, 1904; Filehne, 1922; Brown, 1931; Dichgans, Körtner, Voigt, 1969).

Парадокс Ауберта-Фляйшля обнаруживает неэквивалентность оценки скорости при помощи различных источников информации о движении. Если эфферентная оценка скорости, имеющая место в условиях точного прослеживания, в целом соответствует скорости перемещения объекта, то эфферентная оценка, основанная на перемещении проекции объекта по сетчатке, в 1,5 - 2 раза переоценивается (Днг, 1969; Dichgans, Körtner, Voigt, 1969).

Более того, Днг (1969) показал, что при неточном слежении за объектом, связанным с ослаблением внимания к объекту, или со слишком высокой скоростью его движения (выше $70^{\circ}/\text{сек}$), когда рассогласование между положением стимула на сетчатке и фovea непрерывно меняется, и эфферентный, и афферентный (сетчаточный) способ оценки скорости осуществляются одновременно. Так, при ослаблении внимания к объекту, движущемуся со скоростью $90^{\circ}/\text{сек}$, скорость плавных движений глаз падает до $20 - 30^{\circ}/\text{сек}$, а соответственно, скорость перемещения изображения на сетчатке возрастает на $60 - 70^{\circ}/\text{сек}$. В этом случае скорость воспринимаемого движения равна $170^{\circ}/\text{сек}$. При точном же прослеживании объекта воспринимаемая скорость совпадает с реальной и равна $90^{\circ}/\text{сек}$. Таким образом, сигналы о скорости перемещения глаза, поступающие из различных источников в условиях прослеживания движущегося объекта не компенсируются, уничтожая друг друга, а интегрируются.

Важно подчеркнуть также, что скорость $90^{\circ}/\text{сек}$ принадлежит к диапазону скоростей перемещения глаза во время мало- и среднеамплитудных саккад (Ярбус, 1965). Это обстоятельство позволяет прямо сравнивать эффекты восприятия, которые имеют место во время плавных движений глаз и скачков. Если допустить, что в основе восприятия движения и перцептивной стабильности лежит один и тот же механизм, работающий по принципу компенсации сигналов, то при осуществлении скачка сигнала о скорости перемещения изображения по сетчатке будет по-

что в два раза превышать величину сигнала о скорости перемещения глаза. Очевидный эффект такой компенсации — восприятие движения объектов в направлении, противоположном направлению поворота глаза. Однако этот перцептивный эффект противоречит привычным наблюдениям.

Последние работы, связанные с исследованием парадокса Ауберта-Фляйшля (Dichgans, Wist, Diener, Brandt, 1975; Diener, Wist, Dichgans, Brandt, 1976) показывают, что в основе парадокса лежит не только различие в способах получения информации о движении объекта, но и особенности стимульного паттерна. Для широкого диапазона скоростей (от 5 до 100°/сек) парадокс Ауберта-Фляйшля исчезает, если испытуемым предъявляют движущуюся одиночную границу или узкую белую полосу. В этом случае и эфферентная, и афферентная (сетчаточная) оценка соответствует действительной скорости движения объекта. Во время фиксации неподвижной точки воспринимаемая скорость увеличивается с увеличением пространственной частоты стимульного паттерна или с уменьшением его пространственного периода. Однако, варьирование характеристик фона во время прослеживания не изменяет оценку скорости воспринимаемого движения, которая опирается на эфферентную информацию.

Эти данные указывают на сложность и многозначность процесса формирования информации о скорости, поступающей с сетчатки, который теория компенсации не рассматривает. Однако, не зная закономерностей этого процесса, вряд ли можно ответить на важный для теории компенсации вопрос: каким образом непрерывно меняющаяся неэквивалентная информация о скорости движения объекта, поступающая из различных источников приводится зрительной системой к "общему знаменателю".

Cogan, Bradley, Hoenig, Girgus (1975) проанализировали особенности движений глаз во время прослеживания объекта и установили, что с увеличением скорости движения объекта увеличивается рассогласование между положением стимула на сетчатке и фовеа, причем это рассогласование в сознании не представлено. Следовательно, если информация о движении цели в темноте выводится из информации о действительном положении глаза при слежении, то возможны различные перцептивные иллюзии. В частности, при слежении за целью, движущейся по кругу, отставание глаза от объекта может не учитываться, что должно выразиться в уменьшении воспринимаемого круга. Эксперименты Cogan и др. показали, что, действительно, при про-

слеживании светящейся точки, движущейся по окружности, диаметр воспринимаемой окружности уменьшается, причем уменьшение растет с увеличением частоты движения объекта и с уменьшением диаметра окружности вдоль которой происходит перемещение глаза. Было обнаружено также, что диаметр воспринимаемой окружности монотонно уменьшается с увеличением частоты вращения объекта, но лишь до частоты 1,3 гц. При этой частоте диаметр воспринимаемой окружности уменьшается на 27%. Дальнейшее увеличение частоты приводило к увеличению числа скачков, корригирующих рассогласование между актуальным положением цели на сетчатке и фовеа, и уменьшению наблюдаемой иллюзии. При вращении объекта с частотой 2,47 и 5,20 гц иллюзия практически исчезала. Если движения глаз исключались (испытуемые фиксировали точку в центре круга) иллюзия сохранялась, но была значительно менее выражена; при частоте 1,3 гц диаметр воспринимаемой окружности уменьшался всего на 7%. Таким образом, иллюзия "сжатия круга" образуется и за счет информации о параметрах движений глаза, и за счет конфигурационного факта (Brown, Voth, H 1937), однако, первое доминирует. Очевидно, в данной ситуации информация о перемещениях изображения объекта на сетчатке не учитывается ЦНС. Несмотря на рассогласование между целью и фовеа в несколько градусов, зрительная система получает лишь информацию о том, что путь цели такой же, как и путь, прослеживаемый глазом (фовеа). Следовательно, результаты исследования Coren и др. (1975) указывают на отсутствие простого арифметического слежения ретинального и экстраретинального сигналов при прослеживании движущегося объекта, которое предполагают теории компенсации. Поскольку величина иллюзии "сжатия круга" значительна, апелляция к порогу взаимодействия сигналов (Stoper, 1967) не может быть принята. Вместе с тем, приведенные данные подчеркивают значимость экстраретинальной информации в организации зрительного восприятия движения. Наиболее вероятно, что в данной ситуации зрительная система имеет довольно точную информацию лишь о скорости движений глаз. Необходимо подчеркнуть, что сетчатка все же дает точную информацию о перемещении стимула, но лишь в том случае, когда прослеживаемые движения разрушаются и заменяются скачками (на частоте 2,47 гц и 5,20 гц). Создается впечатление, что в условиях описанного эксперимента механизм восприятия движения функционирует по принципу дизъюнктивного выбора, а не компенсации, поступающей из разных источников.

Таким образом, исследования восприятия пути и скорости движения объекта во время плавных прослеживающих движений глаз показывают, что (а) информация о скорости движений глаза может быть очень неточной, степень неточности варьирует в зависимости от условий восприятия; (б) информация о скорости перемещения проекции объекта по сетчатке не компенсируется информацией о скорости перемещения глаза. Ретинальный и экстраретинальный сигналы могут находиться в отношениях интеграции или дизъюнктивного выбора.

Восприятие формы и направления движения объекта. Эксперименты, связанные с восприятием формы пути движения объекта в безориентирном пространстве впервые были проведены Fujii (1943). Предъявляя испытуемым светящуюся точку, движущуюся в течение одного цикла по квадрату или треугольнику, и требуя ее точного прослеживания, Fujii обнаружил неожиданные искажения воспринимаемой формы пути перемещения точки. Эти искажения носили периодический характер и были связаны с изменением направления движения точки. Так, при движении точки по квадрату со скоростью $6^{\circ}/\text{сек}$ стороны квадрата (за исключением стороны, которую светящаяся точка проходит первой) воспринимались вогнутыми по отношению к центру фигур.

Однако Rock, Halper (1970), которые тестировали восприятие формы пути движения точки в близких условиях, не обнаружили перцептивных искажений воспринимаемого пути. В их экспериментах испытуемые в одном случае прослеживали движение светящегося объекта в темноте, а в другом случае воспринимали движение объекта, зафиксировав положение глаза. Оказалось, что в обоих случаях 9 из 12 испытуемых верно идентифицировали предъявленную фигуру со сходными альтернативными фигурами.

Полученные Rock, Halper результаты не подтвердились более поздними исследованиями, в которых также исследовались процедуры идентификации воспринимаемых фигур (Поддъяков, Наканов, Дремина, 1971; Андреева, Вергилес, Ломов, 1972; Наканов, 1973). В последних работах подчеркивается выраженная тенденция иллюзорного восприятия формы пути прослеживаемого объекта в безориентирном пространстве.

Несмотря на то, что эффекты восприятия формы пути движения объекта возникают только при прослеживании объекта, инерционность глазодвигательной системы не позволяет делать

однозначные выводы о свойствах источника экстраретинальной информации. Можно полагать, что в момент изменения направления движения объекта, глаз не способен мгновенно изменить направление своего движения, а это, в свою очередь, приводит к возникновению смещения проекции объекта по сетчатке. Поэтому восприятие формы пути движения объекта может в равной степени определяться и особенностями экстраретинальной информации, и особенностями смещения изображения объектов по сетчатке. Festinger, Easton (1974) показали, что, действительно, иллюзия Fujii наблюдается только при движении объекта с постоянной скоростью. Если скорость движения объекта меняется синусоидально, с замедлениями на местах изменения направления движения, искажение формы пути не наблюдается. Следовательно, иллюзия Fujii выражает отношение ретинальной и экстраретинальной информации, и поэтому является удобной моделью проверки компенсаторной теории.

Наиболее детально искажения формы воспринимаемого движения при прослеживании объекта были исследованы Festinger и Easton (1974). Их предварительные эксперименты, проведенные на большом количестве испытуемых (более 50 человек) показали регулярность возникновения иллюзии Fujii при соблюдении соответствующих условий. Более того, они обнаружили, что при периодическом движении светящейся точки по квадрату, особенности воспринимаемой формы зависят от частоты движения объекта. Если частота превышала 1,6 - 1,7 гц, иллюзия исчезала. При частоте ниже 0,3 - 0,4 гц прямые углы квадрата воспринимались составленными из отрезка прямой и экспоненты, переходящей в прямую. При частоте выше 0,5 - 0,6 гц стороны квадрата воспринимались вогнутыми к центру фигуры. Зарегистрировав движения глаз во время прослеживания светящейся точки и вычислив траекторию смещения проекции стимула на сетчатке, Festinger и Easton нашли, что в большинстве случаев форма пути стимула на сетчатке совпадает в общих чертах с формой воспринимаемой траектории, хотя пространственно она сильно сжата, а ее ориентация широко варьирует. Таким образом, изображение пути стимула на сетчатке можно рассматривать как основу иллюзии Fujii. Это позволяет сделать следующие выводы о содержании и характере экстраретинальной информации, поступающей в зрительную систему. Во-первых, экстраретинальный сигнал содержит неадекватную информацию о скорости перемещения глаза. Этот вывод основывается на том, что

воспринимаемая форма пути значительно превышает угловые размеры формы пути смещения стимула по сетчатке, хотя и меньше объективной формы пути. Во-вторых, экстраретинальный сигнал содержит адекватную информацию о направлении движения глаза. В противном случае ориентация воспринимаемой формы пути основывалась бы только на ретинальной информации и широко варьировалась. Этого в экспериментах Festinger, Easton не наблюдалось.

С вопросом об адекватности информации о направлении движений глаз связывается исследование описанной недавно иллюзии "возвратного отскакивания" (Mask, Fendrich, Sirigatti, 1973). Эта иллюзия состоит в том, что прослеживаемый объект в безориентирном (или малоориентирном) пространстве при внезапной остановке воспринимается отскакивающим в направлении, обратном направлению первоначального движения. Исследование показало, что иллюзия возникает тогда, когда глаз по инерции проходит остановившийся объект. По мнению Mask и др., данную иллюзию можно рассматривать как аргумент в пользу эфферентной концепции (Helmholtz), поскольку восприятие движения здесь выступает как функция компенсаторных отношений между эфферентной информацией о движении глаз и информацией о смещении проекции объекта на сетчатке, то есть движение объекта воспринимается только тогда, когда стимул смещается по сетчатке в отсутствие информации о движении глаза. Хотя данная точка зрения может оспариваться: эфферентная информация о движении глаза не может мгновенно с остановкой объекта изменить свое содержание, в целом иллюзия "возвратного отскакивания" указывает на адекватность экстраретинальной информации о направлении движения.

Недавно Festinger, Sedgwick и Holtzman (1976) сделали попытку более точно определить влияние плавных движений глаз на оценку направления движущихся объектов. Во время эксперимента испытуемых просили проследить колеблющуюся по горизонтали светящуюся точку и, изменяя наклон линейной траектории движения другой светящейся точки, перемещающейся под углом к прослеживаемой траектории, устанавливать их воспринимаемую параллельность. Регистрировалась позиция глаза в каждый момент времени и вычислялся путь светящихся точек на сетчатке. Установлено, что воспринимаемое направление движения непрослеживаемой точки в значительной степени соответствует ретинальному, а не физическому пути движения стимула.

Это значит, что зрительная система не учитывает большую часть информации о направлении движения глаза. Вместе с тем, поскольку испытуемые всегда воспринимали прослеживаемую точку движущейся горизонтально, адекватная информация о направлении движения глаза поступала в зрительную систему. Следовательно, перемещение проекции объекта по сетчатке не зависело от информации о направлении движения глаз, поступающей в зрительную систему. Очевидно, в данном случае интерпретация отношений ретинальной и экстраретинальной информации в терминах компенсации невозможна. Информация о направлении движений глаз и перемещении проекции объекта по сетчатке скорее сосуществует, чем взаимоуничтожается.

Имеющиеся в литературе данные (Наканов, 1973; Барабанщиков, 1977) указывают, что экстраретинальная информация о направлении движения глаза также может быть неадекватной. Наканов (1973) отмечает, что при многократном перемещении светящейся точки по кругу, квадрату или треугольнику воспринимаемая форма пути движения объекта не только меняет свою ориентацию, но и непрерывно смещает свой центр. В этом исследовании скорость движения объекта варьировалась от 2 до 33°/сек. Стоит подчеркнуть также, что искажения воспринимаемого направления движения светящегося объекта преобладают и в том случае, когда скорость объекта мала (1°/сек), а смещение проекции стимула по сетчатке, связанное, в частности, с инерционностью глазодвигательной системы, не превышает смещений, имеющих место при фиксации неподвижного объекта (Барабанщиков, 1977).

Таким образом, исследования восприятия формы и направления движения объекта во время плавных прослеживающих движений глаз показывают, что (а) информация о направлении движения глаз, поступающая в зрительную систему, может быть как точной, так и неточной; (б) информация о направлении перемещения проекции объекта по сетчатке, вызванного инерционным "проскакиванием" глаза относительно объекта или независимым движением дополнительного объекта, не компенсируется информацией о направлении перемещения глаза.

Иллюзия Filehne и восприятие относительного движения объектов. Согласно теориям компенсации экстраретинальная информация о плавном перемещении глаза должна сравниваться со всей информацией, поступающей с сетчатки. Следовательно, мож-

но ожидать, что в реальных условиях восприятия при наличии не только движущегося объекта, но и хорошо структурированного фона, перемещающимся будет восприниматься только прослеживаемый объект. Смещение изображения фона по сетчатке должно компенсироваться экстраретинальным сигналом о движении глаза, то есть фон будет восприниматься неподвижным. Однако последнее предположение довольно часто не выдерживается: фон воспринимается перемещающимся в направлении, противоположном движению прослеживаемого стимула (Filehne, 1927). Filehne, впервые указавший на эту иллюзию, рассматривал ее лишь как возможное объяснение парадокса Ауберта-Фляйшца и не связывал ее с проблемой перцептивной стабильности. Вместе с тем, иллюзия Filehne разбивает кажущееся монолитным единство классических феноменов перцептивной стабильности "движения" и требует для их объяснения по крайней мере два различных механизма. Действительно, с одной стороны, во время скачка изображение объектов хотя и смещается по сетчатке, иллюзии движения не возникает; с другой стороны, при прослеживании объекта неподвижный фон воспринимается движущимся.

Придерживаясь теории компенсации Gregory (1958) предложил объяснить этот парадокс различием в характере смещения сетчаточного изображения во время плавных и саккадических движений глаз. Во время саккад проекция объектов скачком перемещается по сетчатке из одной позиции в другую; во время плавных прослеживающих движений проекция фоновых объектов медленно "тянется" по сетчатке, последовательно проходя непрерывный континуум позиций. Согласно Gregory, особая физическая природа сигнала о движении, порожденного плавным перемещением изображения объекта по сетчатке и является причиной возникновения иллюзии Filehne.

Это предположение Gregory было опровергнуто изящным исследованием Stoper (1967, 1973). Во время прослеживания светящейся точки малых размеров в поле зрения испытуемого последовательно всплывала одна и та же узкая вертикальная полоска. Благодаря перемещению глаза проекция светящейся полоски локализовалась в различных областях сетчатки, т.е. стимул скачком перемещается по сетчатке из одной позиции в другую. Несмотря на саккадический способ перемещения стимула, в подавляющем большинстве случаев испытуемые сообщали о воспринимаемом движении светящейся полоски из одного положения в другое в направлении, противоположном направле-

нию движения глаза. Этот результат показывает, что экстраординарный сигнал, несущий информацию о прослеживаемых движениях глаз, не способен компенсировать стробоскопическое движение, возникающее при резком смещении проекции фона по сетчатке. Следовательно, сигналы, поступающие в зрительную систему с сетчатки и центров регуляции плавных движений глаз, не находятся в отношениях компенсации.

Согласно грубым измерениям Filehne воспринимаемая скорость перемещения фона равняется воспринимаемой скорости движения прослеживаемого объекта (Filehne, 1922). Это означает, что компенсация смещения фоновых стимулов по сетчатке практически отсутствует. Однако необходимо отметить, что иллюзия Filehne носит парадоксальный характер: фон воспринимается движущимся, но не имеющим своей позиции, причем о движении фона сообщает лишь половина испытуемых, впервые принимающих участие в эксперименте (Stoper 1967; 1973). Эти наблюдения позволяют полагать, что какая-то компенсация смещения фоновых стимулов по сетчатке все же имеет место.

Измерению степени этой компенсации, выступающей как "позиционная константность" фона, была посвящена специальная работа Mask, Netman (1973). Используемая в их экспериментах установка позволяла менять скорость и направление движения фона, обеспечивая компенсацию его воспринимаемого перемещения и оценку позиционной константности. Тестирование относительно большого количества испытуемых (36 человек) показало, что иллюзия Filehne возникла у 16 испытуемых, и лишь 28% всех ответов содержали указание на воспринимаемое движение неподвижного фона. Обнаружено также, что независимо от того, двигался ли объект со скоростью $3^{\circ}/\text{сек}$ или $10,5^{\circ}/\text{сек}$, воспринимаемая скорость движения фона была относительно постоянной и оценивалась в диапазоне $0,38 - 2^{\circ}/\text{сек}$. Полученные результаты как и результаты экспериментов Mask, Netman (1972) дали основание полагать существование постоянной недооценки зрительной системой скорости перемещения глаза. В этом случае иллюзия Filehne возникает как результат неполной компенсации смещения изображения объектов по сетчатке. Дополнительный эксперимент показал справедливость этого предположения в условиях данного эксперимента: даже при отсутствии фона скорость перемещения светящейся точки в темноте недооценивалась в среднем на $1,14^{\circ}/\text{сек}$.

В целом исследование Mask, Netman (1972, 1973) подтвер-

дают положения теории компенсации для плавных движений глаз, хотя и вносят дополнительное допущение. Однако проблемы, связанные с иллюзией Filehne и вообще с восприятием относительного движения, явно выходят за рамки анализа источников информации о движении. Не случайно Stoper (1967) при обсуждении парадоксальности восприятия иллюзии Filehne использовал терминологию Gibson (1950), указывая, что "зрительный мир" остается стабильным во время прослеживающих движений глаз, в то время как "зрительное поле" непрерывно смещается. В силу своих исходных установок теория компенсации должна рассматривать отношение экстраретинальной и ретинальной информации не к "зрительному миру", а только к "зрительному полю". Сделать же разделение "зрительного поля" и "зрительного мира" в условиях хорошо структурированного фона, который занимает значительную часть поля зрения, довольно сложно. Вероятно, естественная установка испытуемых на восприятие "зрительного мира" явилась одной из существенных причин, определивших доминирование позиционной константности фона в экспериментах Mask, Herman (1973).

Независимость источников информации о движении объектов ярко иллюстрируется и классическими исследованиями восприятия "конфигураций движений" (Dunker, 1929; Johansson, 1950).

Dunker (1929) показал, что при перемещении лампочки, укрепленной по краю равномерно катящегося диска, восприятие траектории ее движения соответствует действительной, то есть лампочка движется по циклоиде. Однако, если в этих же экспериментальных условиях зажечь дополнительную лампочку в центре катящегося диска, воспринимается поступательное движение центральной лампочки, вокруг которой вращается лампочка, укрепленная на краю диска. Если принцип компенсации верен, то при прослеживании центральной лампочки, движение боковой лампочки, направленное против движения глаз, или исчезало бы вовсе, или редуцировалось. Однако этого никогда не наблюдалось в экспериментах. Очевидно, в данном случае информация о перемещении центральной лампочки обеспечивалась экспериментальным сигналом о поступательном движении глаза, а перемещение боковой лампочки — независимым сигналом с сетчатки, на которой проекция объекта описывала окружность.

Данное рассуждение подтверждается экспериментами Johansson (1950). Он нашел, в частности, что при прослеживании светящейся точки, колеблющейся по горизонтали, другая светя-

жающаяся точка, колеблющаяся по вертикали, воспринимается движущейся по кругу. Сходные эффекты наблюдали и испытуемые Наканова (1973), когда во время прослеживания светящейся точки, движущейся по замкнутой траектории, включалась дополнительная неподвижная светящаяся точка. Следовательно, и в этих случаях смещение проекции объекта по сетчатке является независимым источником информации о движении объекта. Можно ожидать, что интеграция (а не компенсация) информации, поступающей в зрительную систему из различных источников во время прослеживания объекта, является одним из важных условий возникновения феноменов "диссоциации движения" (Johansson, 1950), а также различных искажений при восприятии динамических структур (Sumi, 1964, Gogel, 1974).

Таким образом, исследования иллюзии Filehne и восприятия относительного движения объектов во время плавных движений глаз подтверждают, что в общем случае комплексная информация о движении объектов по сетчатке не компенсируется информацией о движении глаз. Можно предполагать, что различные источники информации скорее дополняют друг друга, внося свой особый вклад в построение зрительного образа.

6. Экспериментальная проверка эфферентной теории компенсации

Все разновидности теории компенсации предполагают наличие точного соотношения параметров движений глаз наблюдателя и вызванного им перемещения сетчаточного изображения, алгебраическое сложение которых в гипотетическом блоке компарации обеспечивает поддержание стабильного восприятия неподвижных объектов.

Дело обстоит бы достаточно просто, если бы параметры движений глаз поступали в первую систему непосредственно от органов движения — внешней глазной мускулатуры. Однако, большинство модификаций теории компенсации предпочитают другой источник информации о движениях глаз — эфферентный командный сигнал, спецификой которого является активность, или произвольность, как более соответствующий феноменам стабильного восприятия.

Опережающий относительно реального выполнения движения характер эфферентного командного сигнала предъявляет особые требования к его точному соотношению с сопровождающими движениями глаз оптическими эффектами.

Требование точности является, поэтому, одним из основных пунктов критики эфферентной теории компенсации. Действительно, зрительная оценка смещения объекта достигает 2-3 угловые минуты (Воусе, 1965), тогда как известно, что саккадическое движение глаз происходит со значительной ошибкой, достигающей в обычном диапазоне сканирования $2-3^{\circ}$, а при максимальных углах поворота (более $40-50^{\circ}$) - до 10° . Кроме того, величина ошибки при одном и том же угле поворота глаз, не является постоянной и имеет довольно большой интра- и интериндивидуальный разброс (Гуревич, 1971; Митрани, 1973; Becker, 1972).

То же самое можно сказать и о скорости саккад, имеющих одну и ту же амплитуду. Обычно, зависимость скорости саккады (средней или максимальной) приводят как один из наиболее весомых аргументов в доказательство ее препрограммированности, т.е. опережающего формирования мышечного усилия, эквивалентного будущему повороту глаз (Леушина, 1966). Однако эта зависимость относится к усредненным данным. Если же брать разброс (в пределах стандартного отклонения) значений скорости для саккады определенной амплитуды, то отдельное движение (например, на 10°) можно, руководствуясь усредненной зависимостью скорости от амплитуды, приписать как эфферентной команде для саккады на 5° , так и саккаде на 20° (Boghen et al., 1974).

Таким образом, простейшая схема компенсации по принципу алгебраического сложения двух типов сигналов, несущих информацию о движении, вряд ли способна объяснить наличие стабильного восприятия из-за отсутствия точного соответствия между ними. Этот аргумент относится прежде всего к работе гипотетического компаратора, но не к принципу компенсации в целом. Одним из эффективных подходов к исследованию данного механизма является метод изменения естественной координации между движениями глаз и перемещением сетчаточного изображения. Напомним, что именно этот принцип был реализован в экспериментах von Holst, Mittelstaedt (1950) и Sperry (1950), где изменили знак зрительно-моторной связи. Эти условия оказались критическими, с точки зрения механизма стабильности,

и для людей. В экспериментах Ярбуса (1965) испытуемые смотрели в укрепленное на глазной присоске зеркальце, ориентированное под углом 45° к фронтопараллельной плоскости. При повороте глаз, изображение неподвижного окружения перемещалось по сетчатке в сторону направления движения глаз, тогда как в обычных условиях рассматривания сетчаточное изображение смещается в противоположную сторону. Стабильность восприятия при этом нарушалась и испытуемые сообщали о движении всего оптического поля.

Можно предположить, что механизм поддержания стабильного восприятия чувствителей, по крайней мере, к знаку сигнала, который компенсирует реafferентную, по терминологии von Holst, информацию. Как же функционирует данный механизм в том случае, когда постулируемые теорией компенсации сигналы о движении (сетчаточный и эfferентный) не совпадают по величине, хотя и имеют противоположные знаки? Нетрудно заметить, что этот вопрос прямо связан с проблемой точности компенсации.

Экспериментальный ответ на него содержится в работах Wallach, Lewis (1965) и Mack (1970), на которых следует остановиться подробнее, т.к. их выводы не совпадают. Wallach и Lewis применили для изменения естественной величины перемещения сетчаточного изображения, вызванного поворотом глаза, оригинальный оптический метод, позволяющий наблюдателю рассматривать в данных условиях собственный зрачок, видимый как темный диск. Данный метод позволял в довольно широких пределах варьировать коэффициент зрительно-моторной связи, увеличивая скорость движения сетчаточного изображения до 400% относительно скорости движения глаза или снижая ее почти до нуля. Во всем этом диапазоне испытуемые не видели движения цели, ощущая только изменение ее позиции относительно предметов обстановки, для которых сохранялись естественные условия наблюдения.

По мнению авторов их результаты несовместимы с точкой зрения, что кажущийся покой зрительных объектов, чьи изображения на сетчатке сдвигаются вследствие движений глаз, не может быть объяснен компенсаторными процессами, которые принимают в расчет движение глаз. В этой работе, по мнению Stoper (1967), впервые была сформулирована гипотеза о подавлении, или, как пишут Wallach, Lewis, "игнорировании" информации о движении объекта, поступающей во время саккады, как возможном механизме стабильности восприятия.

Между тем, Маск (1970), использовавший в своем эксперименте ту же методологию — изменение естественного соотношения между поворотом глаза и перемещением цели, — обнаружил, что движение объекта может восприниматься во время саккады. Его испытуемые сидели перед экраном осциллоскопа, в центре которого постоянно высвечивалась световая точка. Горизонтальные (слева направо) саккадические движения глаз запускались вспышками лампочек, находящихся по краям экрана (20^0) и гаснущими еще до начала движения. Таким образом, в поле зрения во время саккады находилась только световая точка, которую смещали на величину, равную 0, $1/20$, $1/10$, $1/5$ или $2/5$ от амплитуды поворота глаз (соответственно изменялась и ее скорость) и в различных направлениях — вправо, влево, вверх и вниз. Ответы испытуемых о воспринятом движении лишь незначительно зависели от направления смещения точки и распределялись следующим образом: 0 — 7%, $1/20$ — 12,3%, $1/10$ — 40%, $1/5$ — 83,2% и $2/5$ — 89,7%. Сходная тенденция была обнаружена и при произвольных движениях глаз, однако, при случайных смещениях цели, не зависящих от движений глаз наблюдателя (когда он видел "чужую" цель), процент точного опознания даже при минимальном ($1/20$) смещении составлял 70,3%. Эти данные позволили Маску судить о диапазоне возможной неточности, или пороге компарации эфферентного и сетчаточного сигналов. Верхняя граница этого диапазона, внутри которого стабильность восприятия не нарушается, лежит между 5 и 20% от величины сравниваемых сигналов.

По-видимому, можно выделить два основных экспериментальных условия, обусловивших различие результатов Wallach, Lewis и Маск. Во-первых, это размер стимула — черный диск (зрачок) в одном случае, — размеры которого были соизмеримы с амплитудами саккад, и световая точка в другом. Во-вторых, наличие в поле зрения дополнительных объектов — черный диск был виден на фоне неподвижных частей экспериментальной установки, а световая точка — в полной темноте. Анализ этих условий выдвигает важную проблему о роли внешних систем отсчета в поддержании стабильного восприятия. На этом особенно настаивали представители школы гештальтпсихологии, которые объясняли с помощью отношений "фигуры" к "фону" такие феномены кажущегося движения (т.е. нарушения стабильного восприятия), как индукция движения фона на движение фигуры Dunkel, (1929) и автокинетическое движение неподвижного источника света, находящегося в полной темноте (Koffka, 1935).

Rock и Ebenholtz (1962) распространили этот принцип и на механизм стробоскопического движения. Они доказали, что необходимым и достаточным условием для восприятия движения между двумя последовательными диспозициями объекта, первая из которых относится к моменту времени, предшествующему саккаде, а вторая следует сразу после саккады, является их феноменальная, а не сетчаточная диспаратность. Этот факт представляет существенный интерес для тех теорий стабильности восприятия, которые довольствуются полной компенсацией или подавлением восприятия движения во время саккады, оставляя без внимания позиционные изменения стимула на сетчатке. Позиционная стабильность или, как ее иногда обозначают, константность воспринимаемого направления, составляет важный аспект стабильного восприятия и зависит, как показывают результаты Rock, Ebenholtz, не столько от эфферентного сигнала, сколько от процесса идентификации объекта в координатах внешнего пространства.

Недавно, Orban и др. (1973) установили, что наличие или отсутствие видимого окружения оказывает решающее влияние и на восприятие направления реального движения цели, предъявляемого во время саккады. Цель — световую точку, двигали со скоростью $40^{\circ}/\text{сек}$ в той же плоскости, в которой совершались саккады. В темноте испытуемые обычно (в 82% случаев) сообщили о движении точки в направлении движений глаз, хотя реально они совпадали только в 50% случаев. Введение структурированного фона приводило к более объективному восприятию направления движения, которое опознавалось точно уже в 64% случаев.

Интерпретация этих результатов с точки зрения теории компенсации представляет значительные трудности и авторы, поэтому, больше склоняются к теории Маскау (1972), оставляющей возможность для более гибкого использования входной сенсорной информации в построении "перцептивной карты".

Еще более определенными для выводов относительно адекватности эфферентной теории компенсации являются данные, полученные Holly (1975). Он также использовал в качестве целевого объекта световую точку на экране осциллоскопа, которая перемещалась во время саккады в том же направлении, но со скоростями от $10^{\circ}/\text{сек}$ до $4120^{\circ}/\text{сек}$. Условия, в которых испытуемые оценивали величину и траекторию пути, пройденного световой точкой, давали возможность видеть края экрана и не-

которые окружающие его предметы. Один из главных феноменов состоял в том, что при равенстве скоростей глаза и цели, последняя воспринималась как неподвижная точка, т.е. в соответствии с сетчаточной, а не эфферентной информацией. Интересные данные были получены и относительно локализации начала воспринимаемой траектории движения - при скоростях ниже скорости движения глаза оно было фиксировано на левой стороне экрана, т.е. в том месте, где находилась точка до начала движения, а при более высоких скоростях начало воспринимаемой траектории смещалось вправо.

Отмеченная дихотомия, требующая различных объяснительных механизмов, распространялась и на те экспериментальные условия, при которых глаз совершал диагональные саккады, а стимул двигался горизонтально. При медленных скоростях движения точки воспринимаемое направление совпадало с направлением движения глаза, а при быстрых: воспринималось движение в противоположную сторону.

Близкими к рассматриваемой группе работ являются исследования, в которых создавалась ситуация, когда сетчаточное изображение оставалось неподвижным, несмотря на движение глаз.

Известно (и это является одним из решающих аргументов в пользу существования эфферентного сигнала), что в этой ситуации - ситуации точного прослеживания глазом движущегося в безориентирном пространстве объекта или перемещения взора при наличии в поле зрения послеобраза, возникает ощущение движения (Helmholtz, 1866).

Одно из первых экспериментальных исследований связи движений глаз с воспринимаемым движением зрительного послеобраза провел Rexroad (1928). Он установил, что движение послеобраза воспринимается только при поворотах глаз в сторону цели (при экстрафовеальном послеобразе). Когда же испытуемых вынуждали (с помощью дополнительных стимулов) делать не сравнимые по отношению к локализации послеобраза движения глаза, например, направленные в противоположную от него сторону, то, независимо от типа этих движений - плавных или саккадических - послеобраз исчезал и вновь появлялся в новой позиции через 2-3 сек.

Точные измерения связи направления движений глаз и воспринимаемого движения послеобраза были Mack, Bachant (1969). Параллельная регистрация движений глаз и движений

руки, следящей с помощью указки за перемещениями центрального послеобраза позволило установить, что в 80% времени субъективные ощущения движения совпадают (прежде всего, по направлению и, в несколько меньшей степени, по амплитуде) с движениями глаз. Оставшиеся 20% времени, когда такая корреляция отсутствовала, в значительной степени приходились на медкие движения глаз при нахождении их в центральной позиции и на саккадические движения. На основании этих результатов авторы делают вывод о существовании и значительной (но не абсолютной) точности эфферентного сигнала, способного, в обычных условиях рассматривания, обеспечить компенсацию сетчаточного перемещения и сохранить, тем самым, стабильное восприятие.

В последнее время, однако, стали накапливаться факты о том, что, в отличие от единичных стимулов, неподвижных относительно сетчатки, рассматривание в аналогичных условиях сложных структурированных изображений, занимающих большую часть поля зрения, не приводит к восприятию движения или перемещения, хотя движения глаз имеют место и в этом случае (Зинченко, Вергилес, 1969; Притчард, 1974).

Детально эти различия были изучены Зенкиным и Петровым (1976). Они предъявляли испытуемым или послеобраз белого прямоугольника, или объемный послеобраз экспериментальной комнаты с большим количеством элементов обстановки, обозначенные, соответственно, как "бедный" и "богатый" послеобразы. При смене объективно неподвижных точек фиксации, расположенных во фронтальной плоскости, наблюдаемые перцептивные эффекты зависели от типа образов. "Бедный" образ менял свое положение в пространстве, тогда как "богатый" оставался неподвижным, а видимые на его фоне точки фиксации скачком смещались в направлении, противоположном движению глаз.

Аналогичные наблюдения были сделаны и при плавных движениях глаз, прослеживающих перемещение фиксационной точки. "Бедный" образ был виден движущимся в пространстве вместе с точкой фиксации, а "богатый" и в этом случае оставался неподвижным. Точка фиксации в последнем случае, хотя и перемещалась объективно со скоростью 10^0 /сек на угол до 40^0 , также воспринималась неподвижной, а объективно неподвижные точки фиксации плавно смещались в противоположную сторону.

Избирательность влияния эфферентного сигнала и зависимость его реализации от структуры преобразований зрительного

образа, обнаруженные в этом и целом ряде других экспериментов, цитированных выше, ставят под сомнение сам факт участия эфферентной информации в механизме стабильности видимого мира.

7. Механизмы движений глаз и содержание эфферентного сигнала

Обычно доказательство существования эфферентного сигнала строят, исходя из различия перцептивных эффектов, возникающих при неподвижном и движущемся глазе — наблюдатель различает внешнее движение объектов и движения, вызванные поворотом глаза, хотя они имеют сходную сетчаточную афферентацию.

Поэтому, о содержании эфферентного сигнала судят, как правило, по результирующей между пространственной оценкой — расстоянием, локализацией, направлением и траекторией движения или его отсутствием и наличной реафферентацией. В связи с этим интересно сопоставить те представления о содержании эфферентного сигнала, которые сформировались в русле изучения механизмов управления движениями глаз, с теми, которые получены косвенным образом через феномены пространственного восприятия при движении глаз. Относительно саккадических движений глаз известно, что они являются баллистическими по природе, очень быстры и не могут корректироваться по ходу движения (Ярбус, 1965; Westheimer, 1954). Запускаются саккады сигналом позиционной ошибки между предыдущей и последующей точками фиксации, который достаточно точно воспроизводится углом поворота глаза. Следовательно, управляющая саккадой эфферентная команда вполне сопоставима с ожидаемым смещением сетчаточного изображения и поэтому, использование ее для объяснения феноменов стабильного восприятия возможно, хотя само наличие стабильного восприятия при саккадах еще не доказывает участия в этом процессе эфферентной информации. Дело в том, что эфферентная команда является перекодировкой другого, даже более точного стимула, — зрительного, — определяющего метрику саккады (Леушина, 1974). Эту связь эфферентной команды со зрительным стимулом, задающим цель движения глаз, обычно упускают — так, в схеме von Holst не наш-

лось места для постулированной им эксafferентации. Игнорируют эту связь и в конкретных экспериментах. Иллюстрацией этому положению могут служить работы Festinger, Canon (1965) в Mask, Herman (1972) где стимулы для саккадического поворота глаза задавались вспышкой света на периферии поля зрения, а сделанные испытуемыми оценки о локализации этой вспышки или о расстоянии до нее от точки фиксации относились за счет эfferентной информации.

Как было показано выше, гораздо сложнее обстоит дело с плавными движениями глаз, которые возникают только при наличии в поле зрения движущегося объекта. Из того факта, что плавные движения глаз имеют ту же скорость, что и движение цели (Rashbass, 1961) обычно заключают, что именно параметр скорости является содержанием эfferентного сигнала для данного типа движений глаз.

Между тем, информация о скорости может поступать от специализированных детекторов сетчатки только при неподвижном глазе. В случае же точного и устойчивого прослеживания цели, ее изображение остается неподвижным на сетчатке, и, таким образом, сетчаточная информация о скорости движения, да и о самом факте движения, отсутствует.

Недавно была сделана попытка представить проблему таким образом, что эfferентная система, управляющая плавными движениями глаз, использует перцептивный вход (Yasui, Young, 1975). Однако при этом сама возможность восприятия движения объясняется эfferентным сигналом, т.е. происходит как бы его самогенерация.

Более перспективным, на наш взгляд, является точка зрения, согласно которой контур регуляции движений глаз рассматривается как единая следящая система позиционного контроля, непрерывно учитывающая текущую зрительную афферентацию (Андреева, Вергилес, Ломов, 1975). При таком подходе как саккады, так и плавные движения глаз являются формами реализации одной и той же двигательной функции, состоящей в обеспечении объекту фиксации наилучших условий восприятия. Тот или иной тип ответа связан не только с величиной позиционного сигнала в цепи прямой связи, но и с величиной зрительной обратной связи, а также внутренними параметрами работы системы.

Тот критический для эfferентной теории компенсации факт, что выход системы глазодвигательной регуляции не зависит од-

нозначно от ее входа, можно проиллюстрировать двумя примерами. Самый яркий заключается в том, что при переводе взора на объект, проекция которого попадает в экстрафовеальную зону сетчатки, обычная саккадическая реакция глаза может измениться на плавную, если окажется, что поворот глаза не влияет на положение объекта на сетчатке (Андреева, Вергилес, Ломов, 1975; Kommerell, Tümmel, 1972; Heywood, Churcher, 1972). Второй пример относится к фиксационным поворотам глаза, совершающимся в обычных условиях. Оказывается, что для точного наведения глаза на цель часто недостаточно одной саккады и, особенно при больших углах поворота, требуются дополнительные коррекционные саккады, число которых не фиксировано и может варьировать от 1 до 5 (Гуревич, 1971). Следует отметить, что при наличии коррекционных саккад испытуемые не ощущают ни промежуточных остановок, ни изменения локализации фиксируемой точки, т.е. их пространственное восприятие соотносимо с целым актом фиксационного поворота, а не с отдельными саккадами.

По-видимому, динамические, а равно и статические свойства перцептивного образа не могут быть полностью сведены ни к входным параметрам системы парадвигательной регуляции, ни к ее выходу, ни к отдельному циклу сенсомоторного взаимодействия.

Задача состоит в том, чтобы отыскать ту единицу сенсомоторного взаимодействия, которая является адекватной пространственному перцепту. Для этого от механизмов исходного уровня регуляции движений глаз, детерминанты которого определены в координатах сетчатки, необходимо перейти к уровню произвольного управления движениями глаз, характеристикой которого является целенаправленность, относительная свобода в выборе объекта фиксации среди множества неподвижных и движущихся объектов, а также перцептивная оценка работы исходного уровня регуляции.

8. Стабильность видимого мира

Основным положением проблемы стабильности видимого мира является утверждение, что, несмотря на постоянно возникающие движения глаз, мир вокруг нас кажется стабильным. Обычно для

объяснения этого феномена предлагается существование центрального механизма компенсации или "принятия в учет", который сопоставляет зрительную афферентацию с глазодвигательной информацией.

Первым исследователем, четко разграничившим два возможных способа компенсации перемещения изображения окружения по сетчатке для обеспечения стабильности, был Storer (1967). Критерием для деления теорий компенсации на теории компенсации движения и теории компенсации положения является способ использования информации об угле поворота глаз относительно головы.

Компенсация движения изображений по сетчатке должна аннулировать информацию об изменении изображения на сетчатке, вследствие данного движения глаза. Если компенсация неточная, то воспринимается движение, т.е., отсутствие стабильности видимого мира. Теория компенсации положения предсказывает восприятие движения видимого мира только в том случае, если перемещение изображения по сетчатке вызывает воспринимаемую разницу в эгоцентрической локализации объекта в течение двух следующих одна за другой фиксаций. Вывод Storer таков, что компенсация движения проще, поскольку она предполагает только механизм детекции изменений на сетчатке, в то время как компенсация положения требует измерения угла поворота глаз. Он правильно указывает на необходимость для компенсации положения исключительно точного измерения угла поворота глаз, что не является решающим при компенсации движения. Storer считает, что теория компенсации движения лучше согласуется с имеющимися данными.

Можно задать вопрос, почему необходима такая компенсация? Почему два идентичных паттерна возбуждения на сетчатке в течение двух следующих одна за другой фиксаций должны вызывать восприятие смещения окружающих предметов из-за изменения участков сетчатки, на которые проецируются изображения объектов окружающего мира? Основной невысказанной предпосылкой всех разновидностей теории "принятия в учет" является отрицание возможности возникновения идентичного зрительного образа в два момента времени, если единственным измененным условием является проекция изображений одних и тех же объектов на разные участки сетчатки. Эта предпосылка была само-собой разумеющейся в то время, когда зрительный образ понимали как прямую проекцию изображений с сетчатки в зрительную кору.

Данные современной нейрофизиологии показывают, что разные признаки изображения анализируются различными механизмами и что возникновение целостного зрительного образа представляет собой интегральный результат работы множества функциональных систем мозга. Есть все основания полагать, что нейронным механизмам, на основе работы которых создается субъективный образ, безразлично, на какой участок сетчатки проецируется данный объект. Следовательно, приведенная выше предпосылка теории "принятие в учет" неверна. Объекты, изображения которых проецируются на различные участки сетчатки в разные моменты времени, могут быть восприняты и воспринимаются как неизменяющиеся. Ведь индивидуальный опыт каждого, миллионы раз проверенный на практике, постоянно доказывает объективную стабильность внешнего мира. Единственным из всех исследователей проблемы стабильности до понимания этой относительно простой истины дошел МасКау. Таким образом, стабильность мира является исходной предпосылкой, а не результатом компенсации и "принятия в учет" движений глаз.

Однако из субъективного опыта мы знаем, что с изменением точки фиксации что-то меняется и в образе. При переводе глаз с одной точки фиксации на другую в слабо освещенном помещении иногда можно уловить смещение в поле зрения, но, в первую очередь, мы всегда осознаем изменение направления взгляда относительно объектов в поле зрения. Вновь нужно подчеркнуть, что разумнее предполагать восприятие изменения направления взгляда из-за большей разрешающей способности фовеальной области сетчатки, которая направляется в сторону определенного объекта, чем через измерение угла поворота в системе глаз/голова или с помощью эфферентных копий, или на основе проприоцептивной информации от глазных мышц. Выполняя перцептивную задачу поиска объекта или определения его места в поле зрения нет необходимости измерять угловое расстояние между объектами с помощью системы глаз/голова. В данном случае значительно эффективнее работает система изображение/сетчатка. Можно сказать, что для таких целей сетчатка, а равным образом и другие уровни зрительной системы, имеют свои локальные знаки, позволяющие оценить направление и угловое расстояние от фовеа до изображения следующей точки фиксации для передачи команды двигать глазами в окуломоторную систему. Ведь довольно обоснованным является взгляд, что в верхних буграх четверохолмия имеется ретинотопическая проекция в

поверхностных слоях и соответствующая ей моторная проекция в более глубоких слоях. Зрительный стимул в определенном участке поля зрения вызывает саккаду на эту цель, а электрическое раздражение проекции этого участка в верхних буграх четверохолмия достигает того же результата (см. Schiller, Koerner, 1971; Robinson, 1972 и Schiller, Stryker, 1972). Необходимо подчеркнуть, что ретинальные локальные знаки в этом случае не должны быть слишком точными и они могут успешно служить задаче перемещения взгляда на новую цель в поле зрения. Известно, что большая часть перемещений взгляда происходит с помощью дополнительных, коррективных движений. В то же время испытуемый всегда в состоянии указать на предыдущую точку фиксации, если только поставить перед ним такую задачу. Следовательно, разумнее полагать, что человек после каждого саккадического движения глаз воспринимает измененное направление своего взгляда относительно объектов внешнего мира, нежели смещенное положение изображений объектов на сетчатке.

Л и т е р а т у р а

- Андреева Е.А., Вергилес Н.Ю., Ломов Б.Ф. К вопросу о функциях движений глаз в процессе зрительного восприятия. - "Вопросы психологии", 1972, I, II-24.
- Андреева Е.А., Вергилес Н.Ю., Ломов Б.Ф. Механизм элементарных движений глаз как следящая система. В сб.: Моторные компоненты зрения. М., "Наука", 1975, 7-55.
- Барабанщиков В.А., Регулируют ли зрительные образы следящие движения глаз? В сб.: Теоретические и экспериментальные исследования в психологии, М., "Наука", 1977, 136-150.
- Валлах Г. Восприятие движения. В сб.: Восприятие: механизмы и модели, М., "Мир", 1974, 301-308.
- Грегори Р.Л. Глаз и Мозг. Психология зрительного восприятия. М., "Прогресс", 1970.
- Гуревич Б.Х. Движения глаз как основа пространственного зрения и как модель поведения. Л., "Наука", 1971.

- Хайнд Р. Поведение животных. М., "Мир", 1975..
- Шахнович А.Р. Мозг и регуляция движений глаз. М., "Медицина", 1974.
- Юнг Р. Оптическая регуляция движений глаз, внимание и восприятие движения. В сб.: Системная организация физиологических функций. М., "Медицина", 1969, 431-442.
- Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М., "Наука", 1965.
- Зенкин Г.М., Петров А.П. Преобразования последовательного образа при движениях наблюдателя, константность зрительного поля и непредметные механизмы инвариантности. "Физиология человека", 1976, 2, 6, 925-931.
- Зинченко В.П. Вергилес Н.Ю. Формирование зрительного образа. М., МГУ, 1969.
- Леушина Л.И. Глазодвигательная система и ее функции. В кн.: Руководство по физиологии. Физиология сенсорных систем. Часть первая. Физиология зрения. Л., "Наука", 1971, 60-77.
- Леушина Л.И. Движения глаз и пространственное зрение. В кн.: Вопросы физиологии сенсорных систем. (Обзоры). М.-Л., "Наука", 1966.
- Леушина Л.И. Об источниках информации и механизмах оценки пространственных свойств зрительных объектов. Автореф. докт. дисс., Л., 1974.
- Луук А.Г., Романюта В.Г. Саккадическое подавление: факты, теории и гипотезы. В сб.: Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 4, М., 1972, 143-194.
- Митрани Л. Саккадические движения глаз и зрение. Болгарская Академия Наук, София, 1973.
- Наканов М.Г. О некоторых особенностях восприятия в темноте движения светящегося объекта. "Вопросы психологии", 1973, 5, 112-115.
- Поддьяков Н.Н., Наканов М.Г., Дремина М.П. Исследование зрительного восприятия движения в условиях безориентированного пространства. В сб.: Эргономика. Труды ВНИИТЭ. Вып. 2, М., 1971, 193-201.
- Притчард Р. Стабилизированные изображения на сетчатке. В кн.: Восприятие: механизмы и модели. М., "Мир", 1974, 194-203.

- Aubert, H. Die Bewegungsempfindung. "Pflügers Archiv für die Gesamte Physiologie", 1887, 40, 459-480.
- Becker, W. The control of eye movements in the saccadic system. "Bibliotheca Ophthalmologica", 1972, 82, 223-243.
- Boghen, D., Troost, B.T., Daroff, R.B., Dell'Osso, L.F., Birkett, J.E. Velocity characteristics of normal human saccades. "Investigative Ophthalmology", 1974, 13, 8, 619-623.
- Boyce, P.R. The visual perception of movement in the absence of an external frame of reference. "Optica Acta", 1965, 12, 47-54.
- Brown, J.F. The visual perception of velocity. "Psychologische Forschung", 1931, 14, 199-232.
- Brown, J.F., Voth, A.C. The path of seen movement as a function of the vector-field. "American Journal of Psychology", 1937, 49, 543-563.
- Carr, H. The pendular whiplash illusion. "Psychological Review", 1907, 14, 169-182.
- Coren, St., Bradley, D.R., Hoenig, P., Girgus, J.L. The effect of smooth tracking and saccadic eye movements on the perception of size: the shrinking circle illusion. "Vision Research", 1975, 15, 49-55.
- Dichgans, J., Körner, P., Voigt, K. Vergleichende Skalierung des afferenten und efferenten Bewegungssinnes beim Menschen: Lineare Funktionen mit verschiedener Anstiegsteilheit. "Psychologische Forschung", 1969, 32, 277-295.
- Dichgans, J., Wist, E., Diener, H.C., Brandt, Th. The Aubert-Fleischl phenomenon: a temporal frequency effect on perceived velocity in afferent motion perception. "Experimental Brain Research", 1975, 23, 529-533.
- Diener, H.C., Wist, E.R., Dichgans, J., Brandt, Th. The spatial frequency effect on perceived velocity. "Vision Research", 1976, 16, 169-176.

- Dodge, R. The participation of the eye movements in the visual perception of motion. "Psychological Review", 1904, II, I-I4.
- Dunker, K. Über induzierte Bewegung (Ein Beitrag zur Theorie Optisch wahrgenommener Bewegung). "Psychologische Forschung", 1929, I2, I80-259.
- Epstein, W. The processes of "taking into account" in visual perception. "Perception", 1973, 2, 267-285.
- Festinger, L., Canon, L.K. Information about spatial location based on knowledge about efference. "Psychological Review", 1965, 72, 373-384.
- Festinger, L., Easton, A.M. Inference about the efferent system based on a perceptual illusion produced by eye movements. "Psychological Review", 1974, 81, 44-58.
- Festinger, L., Sedgwick, H.A., Holtzman, J.D. Visual perception during smooth pursuit eye movements. "Vision Research", 1976, I6, I337-I386.
- Filehne, W. Über das optische Wahrnehmen von Bewegungen. "Zeitschrift für Sinnesphysiologie", 1922, 53, I34-I45.
- Fleischl, E.V., Physiologisch-optische Notizen. Z. Mitt. S.B. Akad. Wiss. Wien, 1882, 86, Abt. 3., 8-25.
- Ford, A. The pendular whiplash illusion, "Psychological Review", 1907, I4, 192-204.
- Fujii, E. Forming a figure by movement of a luminous point. "Japanese Journal of Psychology", 1943, 18, 196-232.
- Gibson, J.J. The perception of the visual world. Houghton, Mifflin, Boston, 1950.
- Gibson, J.J. The useful dimensions of sensitivity. "American Psychologist", 1963, 18, 1-15.
- Gregory, R.L. Eye movements and the stability of the visual world. "Nature", 1958, 182, 1214-1216.
- Gogel, W.C. Relative motion and the adjacency principle. "Quarterly Journal of Experimental Psychology", 1974, 26, 425-437.

- Held, R. Exposure-history as a factor in maintaining stability of perception and coordination. "Journal of Nervous and Mental Diseases", 1961, 132, 26-32.
- Helmholtz, H. von Handbuch der Physiologischen Optik. Voss, Leipzig, 1866.
- Hering, E. Der Raumsinn und die Bewegungen des Auges. Handbuch der Physiologie III (Teil I), 1879.
- Heywood, S., Churcher, J. Eye movement and the afterimage II. The effect of foveal and nonfoveal afterimages on saccadic behaviour. "Vision Research", 1972, 12, 5, 1033-1043.
- Hillebrand, F. Цит. по: Kaila, E. Die Lokalisation der Objekte bei Blickbewegungen. "Psychologische Forschung", 1923, 3, 60-72.
- Holly, F. Saccadic presentation of a moving target. "Vision Research", 1975, 15, 331-335.
- Holst, E. von, Mittelstaedt, H. Das Reafferenzprinzip (Wechselwirkungen zwischen Zentralnervensystem und Peripherie). "Naturwissenschaften", 1950, 37, 464-476.
- Holst, E. von Relations between the central nervous system and the peripheral organs. "British Journal of Animal Behaviour", 1954, 2, 89-94.
- James, W. The Principles of Psychology. Vol. 2, Holt, 1890.
- Johansson, G. Configurations in event perception. Almqvist and Wiksell, Uppsala, 1950.
- Jung, R. Introduction. "Bibliotheca Ophthalmologica". 1972, 82, 1-6.
- Kaila, E. Die Lokalisation der Objekte bei Blickbewegungen. "Psychologische Forschung", 1923, 3, 60-72.
- Koffka, K. Principles of Gestalt Psychology. Routledge and Kegan Paul, London, 1935.
- Kommerell, G., Täumer, R. Investigation of the eye tracking system through stabilized retinal images. "Bibliotheca Ophthalmologica", 1972, 82, 288-297.

- Kornmüller, A.E. Eine experimentelle Anaesthetie der äusseren Augenmuskeln am Menschen und ihre Auswirkungen. "Journal für Psychologie, Neurologie und Neurophysiologie", 1931, 41, 354-366.
- Körner, P., Dichgans, J. Bewegungswahrnehmung, optokinetischer Nystagmus und retinale Bildwanderung: Der Einfluss visueller Aufmerksamkeit auf zwei Mechanismen des Bewegungssehens. "Albrecht von Graefes Archiv für Klinische und Experimentelle Ophthalmologie", 1967, 174, 34-48.
- Mach, E. Die Analyse der Empfindungen. Fischer, Jena, 1885.
- Mack, A. An investigation of the relationship between eye and retinal image movement in the perception of movement. "Perception and Psychophysics", 1970, 8, 5A, 291-298.
- Mack, A., Bachant, J. Perceived movement of the afterimage during eye movements. "Perception and Psychophysics", 1969, 6, 6A, 379-384.
- Mack, A., Herman, E. A new illusion: the underestimation of distance during pursuit eye movement. "Perception and Psychophysics", 1972, 12, 6, 471-473.
- Mack, A., Herman, E. Position constancy during pursuit eye movement: an investigation of the Filehne illusion. "Quarterly Journal of Experimental Psychology", 1973, 25, 71-84.
- Mack, A., Fendrich, R., Sirigatti, S. A rebound illusion in visual tracking. "American Journal of Psychology", 1973, 86, 2, 425-433.
- MacKay, D.M. Perceptual stability of a stroboscopically lit visual field containing self luminous objects. "Nature", 1958, 181, 507-508.
- MacKay, D.M. Visual stability and voluntary eye movements. In: Handbook of Sensory Physiology Vol. VII Part 3A. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1973, 307-332.
- MacKay, D.M. Voluntary eye movements as questions. "Bibliotheca Ophthalmologica", 1972, 830, 369-376.

- Martin, E. Saccadic suppression: a review and an analysis. "Psychological Bulletin", 1974, 81, 899-917.
- Martin, L. Eye movements and perceived visual direction. In: Handbook of Sensory Physiology Vol. VII Part 4, Visual Psychophysics, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1972, 331-380.
- Morrison, L.C. Psycho-optical movements of the eyes. Part II. "British Journal of Physiological Optics", 1963, 20, 142-160.
- Orban, G., Duysens, J., Callens, M. Movement perception during voluntary saccadic eye movements. "Vision Research" 1973, 13, 1343-1353.
- Rashbass, C. The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements. "Journal of Physiology", 1961, 159, 326-338.
- Robinson, D.A. Eye movements evoked by collicular stimulation in the alert monkey. "Vision Research", 1972, 12, 1795-1808.
- Rock, J., Halper, F. Form perception without a retinal image. "American Journal of Psychology", 1970, 82, 425-440.
- Rexroad, C.N. Eye movements and visual after-images. "American Journal of Psychology", 1928, 40, 426-433.
- Rock, J., Ebenholtz, S. Stroboscopic movement based on change of phenomenal rather than retinal location. "American Journal of Psychology", 1962, 72, 193-207.
- Sherrington, C.S. Observations on the sensual role of the proprioceptive nerve supply of the extrinsic ocular muscles. "Brain", 1918, 41, 332-343.
- Schiller, P.H., Koerner, F. Discharge characteristics of single units in the superior colliculus of the alert rhesus monkey. "Journal of Neurophysiology", 1971, 34, 920-936.
- Schiller, P.H., Stryker, M. Single-unit recording and stimulation in superior colliculus of the alert rhesus monkey. "Journal of Neurophysiology", 1972, 35, 915-924.

- Skavenski, A.A. Inflow as a source of extraretinal eye position information. "Vision Research", 1972, 12, 221-229.
- Skavenski, A.A., Haddad, G., Steinman, R.M. The extraretinal signal for visual perception of direction. "Perception and Psychophysics", 1972, 11, 287-290.
- Sperry, R.W. Neural basis of the spontaneous optokinetic response produced by visual inversion. "Journal of Comparative Physiology and Psychology", 1950, 43, 482-489.
- Stoper, A.E. Apparent motion of stimuli presented stroboscopically during pursuit movement of the eye. "Perception and Psychophysics", 1973, 13, 201-211.
- Stoper, A.E. Vision during pursuit movement: the role of oculomotor information. Ph.D. Dissertation, Brandeis University, 1967.
- Sumi, S. Path of seen motion of two small light spots. "Perceptual and Motor Skills", 1964, 19, 226.
- Teuber, H.-L. Perception. In: Handbook of Physiology. Section I. Neurophysiology. Vol. III. New York, 1960, 1595-1668.
- Wallach, H., Lewis, C. The effect of abnormal displacement of the retinal image during eye movements. "Perception and Psychophysics", 1965, 1, 25-29.
- Westheimer, G. Mechanism of saccadic eye movements. "Archives of Ophthalmology", 1954, 52, 710-724.
- Yasui, S., Young, L.R. Perceived visual motion as effective stimulus to pursuit eye movement system. "Science", 1975, 190, 906-908.

EYE MOVEMENTS AND THE PROBLEM OF STABILITY OF THE VISUAL WORLD

A.Lauck, V.Barabanshchikov, V.Belopolski

S u m m a r y

Critical analysis of the positions of the outflow theory in explaining the problem of stability of the visual world has been carried out. It has been shown, that several points of this theory are not based on facts, but on unproved speculations about existence of motor-sensory feedforward between eye movement control system and perceptual systems. Theory of MacKay seems to be the most adequate in explaining the problem. Further analysis of the problem must be based on the fact of the stability of the real world around us.

С о д е р ж а н и е

А.Луук, А.Лившиц. Зависимость границ поля зрения от положения глаз в орбите	3
A.Luuk, A.Livshits. The dependence of the extension of the visual field from position of the eyes in the orbit. Summary	10
Т.Бахман. Современная психофизика, феноменология эксперимента и переработка зрительной информации.....	II
T.Bachmann. Contemporary psychophysics, phenomenology of experiment, and visual information processing. Summary	33
В.Лаурутис, К.Кришюнас, А.Луук, и др. Развитие электромагнитной методики регистрации движений глаз человека	34
V.Laurutis, K.Krisciunas, A. Luuk, J.Huik, J.Allik. Further development of the electromagnetic eye movement recording method. Summary	51
К.Тойм. Сравнительный анализ словесных ассоциаций в разных языках	52
K.Tois. Comparisons among word-association responses in different languages. Summary	71
М.Нeidmetс. Spatial regulation of human interaction: Some current problems.....	72
М.Хейдметс. Пространственная регуляция общения человека. Резюме.	84

T.N i i t, J.V a l s i n e r. Recognition of facial expressions: An experimental investigation of Ekman's model	85
Т.Н и й т, Я.В а л ь с и н е р. Распознавание выражений лица: Экспериментальное изучение модели Экмана. Резюме.....	I07
J.A l l i k, M.T e r r, A.L i v s h i t s. Detection of temporal phase by directionally sensitive units in the human visual system	I07
Ю.А л л и к, М.Т э п п, А.Л и в ш и ц. Детекция временно-го сдвига единицами, чувствительными к направлению в зрительной системе человека.Резюме...	I2I
А.Л у у к, В.Б а р а б а н ш и к о в, В.Б е л о п о л ь - - с к и й. Движение глаз и проблема стабильности воспринимаемого мира.	I22
A.L u u k, V.B a r a b a n s h c h i k o v, V. B e l o - p o l s k y. Eye movements and the problem of stability of the visual world. Summary.....	I68

Ученые записки Тартуского государственного университета.
Вып. 429. ТРУДЫ ПО ПСИХОЛОГИИ У1. Проблемы психической
деятельности. На русском и английском языках. Резюме на
русском и английском языках. Тартуский государственный
университет. ЭССР, г. Тарту, ул. Киликооли, 18. Ответст-
венный редактор Т. Лаак. Корректоры И. Стейнберг и Я.
Валсинер. Сдано в печать 01/07 1977. Бумага печатная
№ 1 30x45 1/4. Печ. листов 10,75. Учетно-издат. листов
10,26. Тираж 500. МВ 00283. Типография ТГУ. ЭССР, г.
Тарту, ул. Пялсони, 14. Зак. № 804. Цена 1 руб. 50 коп.